

জ্যোতিষ্ক বিজ্ঞান
(জ্যোতিষ বিজ্ঞান)

ডক্টর রমজান আলী সরদার
(রমজান আলী সরদার)

বাংলা একাডেমী : ঢাকা

প্রথম প্রকাশ :

কাভিক, ১০৮৪

[নভেম্বর ১৯৭৭]

বাএ/৮৯০

পাণ্ডুলিপি : পাঠ্যপুস্তক বিভাগ,

বাংলা একাডেমী, ঢাকা

প্রকাশক :

ফজলে রাব্বি

পরিচালক

প্রকাশন মুদ্রণ-বিক্রয় বিভাগ

বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রণে :

মোঃ খলিলুর বহমান খান

গণ মুদ্রাবন

৫৯/০, ইসলামপুর বোড

ঢাকা

মূল্য : পঁচিশ টাকা মাত্র ।

JYOTISHKA BIJNAN (Astronomy) : Written by Dr. Ramjan Ali Sarder. Published by Bangla Academy, Dacca, Bangladesh, 1977. Price . Taka 25.00 only.

ভূমিকা

এই পুস্তকখানি বাংলাদেশের বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের স্নাতক শ্রেণীর গণিত পাঠ্য Astronomy-এর পাঠ্য-তালিকানুযায়ী লেখা হইয়াছে। পুস্তকখানিতে ব্যবহৃত পবিভাষা বাংলা একাডেমী কর্তৃক প্রকাশিত পবিভাষা কোষের অন্তর্ভুক্ত। যে-সব ক্ষেত্রে পরিভাষা পাওয়া যায় নাই সেইসব ক্ষেত্রে শব্দ ব্যবহারে কিছুটা স্বাধীনতা গ্রহণ করা হইয়াছে। প্রত্যেক পাবিভাষিক শব্দের সহিত সংশ্লিষ্ট ইংবেজী শব্দ লেখা হইয়াছে। পুস্তকখানি প্রণয়নের সময় সকল প্রকার Standard পুস্তকের সাহায্য লইয়াছি।

বাংলা একাডেমী বহু বাধা-বিপত্তির মধ্য দিয়া পুস্তকখানি প্রকাশ কবিতে পারিয়াছেন বলিয়া আমি ব্যক্তিগতভাবে একাডেমী কর্তৃপক্ষের নিকট কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। পুস্তকখানি ছাত্র ছাত্রীদের উপকারে আসিবে ইহাই আমার কামনা।

বিনীত—

এইছকার

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায় : অবতরণিকা

১

১. জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের চিন্তাধাৰাৰ অগ্ৰগতি, ২. জ্যোতিষ-বিজ্ঞান বিজ্ঞানের একটি শাখা, ৩. প্রাচীন জ্যোতিষ-বিজ্ঞান

দ্বিতীয় অধ্যায় : মহাকাশ ও ইহার আবর্তন

১৯

২১ মহাকাশ, ২২. দিগন্তবেধা এবং মেৰিডিয়ান বেধা, ২৩. মেৰিডিয়ান, ২৪ আৰ্হিক গতি, ২৫. মহাকাশেৰ শ্বিৰ-বিন্দুদ্বয়, ২৬ মহাবিন্দুৰ ; কালবৃত্ত, ২৭ বাইট অ্যাসেন্শন, ২৮ কৌণিক কাল, ২৯ কোন স্থানেৰ অক্ষাংশ ঐ স্থানেৰ ঞ্ৰবনক্ষত্ৰেৰ উন্নতি এর লম্বান, ২১০ মেৰ বিন্দুতে নক্ষত্ৰেৰ আবৰ্তন-পথগুলি দিগন্ত বেধাৰ সমান্তৰাল, ২১১ ভূ-পৃষ্ঠ বিন্দুৰ বেধাৰ অবস্থিত স্থান সমূহে যে কোন নক্ষত্ৰেৰ আবৰ্তন পথ দিগন্তবেধাৰ উপৰ লুপ্ত, ২১২. অগ্ৰত্ৰ নক্ষত্ৰেৰ আবৰ্তন পথ, ২১৩. অন্তহীন নক্ষত্ৰ, ২১৪ সূৰ্যেৰ আপাত কক্ষপথ বাশিচক্ৰেৰ পশ্চিম গতি, ২১৫. সূৰ্য পথ বা এক্লিপটিক্ এবং দিগন্তবৃত্তেৰ সূৰ্যক্ৰ, ২১৬ সূৰ্য, চক্ৰ এবং গ্রহেৰ অবস্থান, ২১৭. বাশিচক্ৰ, ২১৮. নক্ষত্ৰেৰ নামকৰণ এবং উহাদেৰ ঔজ্জল্যেৰ প্রকাৰভেদ, ২১৯ উদাহরণ

তৃতীয় অধ্যায় : পৃথিবী

৩৩

৩.১. আকাষ পৰিমাণ এবং ঘনত্ব, ৩২. পৃথিবীৰ অভ্যন্তৰ, ৩.৩. বায়ুমণ্ডল, ৩৪ পৃথিবী একটি চুম্বক, ৩.৫ পৃথিবীৰ আৰ্হিক গতি, ৩৬ কৰিওলিসেৰ ফল, ৩৭. সমুদ্রবক্ষে এবং আকাশে নেভিগেশন, ৩.৮ পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতি, ৩.৯. 'বড় ঝড়' ৩১০. পৃথিবীৰ নানা গতি

চতুর্থ অধ্যায় : সময় এবং পঞ্জিকা

৫২

৪১ সময় গণনা, ৪২ তাৰিখ

পঞ্চম অধ্যায় : আলো এবং টেলিস্কোপ

৬৭

(ছব)

৫.১ আলোর প্রকৃতি এবং ধর্ম, ৫.২. আলোর জ্যামিতির নিয়ম,
৫.৩ লেনসের সাহায্যে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি, ৫.৪ (ক) প্রতিসরণ টেলিস্কোপ
ষষ্ঠ অধ্যায় : চন্দ্র " " " ৮২

৬.১ (ক) চন্দ্রালোক, ৬.২ চন্দ্রেব দূরত্ব এবং আকার, ৬.৩ চন্দ্রেব
প্রকৃত কক্ষপথ, ৬.৪ চন্দ্রে বস্তুব, ৬.৫ চন্দ্রেব বায়ুমণ্ডল, ৬.৬ চন্দ্রে
তাপেব প্রকাবভেদ, ৬.৭ চন্দ্রেব উপরিভাগেব কণ

সপ্তম অধ্যায় : চন্দ্র ও সূর্যগ্রহণ " " " " ৯৬

৭.১. ছায়া কি, ৭.২. ছায়াব দৈর্ঘ্য নির্ণয়, ৭.৩. গ্রহণ সময়.
৭.৪. সূর্য গ্রহণ, ৭.৫. চন্দ্র গ্রহণ, ৭.৬. গ্রহণ সীমা, ৭.৭. গ্রহণাবলীর
পূরণায়ত্তি, ৭.৮ গ্রহণ সংশ্লিষ্ট অজ্ঞাত নৈসর্গিক ঘটনাবলী

অষ্টম অধ্যায় : জোয়ার ভাটা এবং পৃথিবীর বতুলাকায় আবর্তনের
কাল " " " " ১১১

নবম অধ্যায় : সৌরজগৎ " " " " ১২০

৯.১. সৌরজগতেব অধিবাসীস্বন্দ, ৯. ২. গ্রহগুলি সম্বন্ধে মূল
জ্ঞাতব্য বিষয়

দশম অধ্যায় : অন্ত্যাত্ত গ্রহ " " " " ১২৯

১০.১. বুধ গ্রহ, ১০.২. শুক্ৰ গ্রহ, ১০.৩. পৃথিবী, ১০.৪. মঙ্গল
গ্রহ, ১০.৫. বৃহস্পতি, ১০.৬. শনি গ্রহ, ১০.৭. ইউরেনাস, ১০.৮ নেপচুন,
১০.৯. প্লুটো, ১০.১০. সৌরজগতেব কুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি, ১০.১১. কুদ্রাকৃতি
গ্রহের আবিস্কাবেব সংক্ষিপ্ত ইতিহাস, ১০.১২. ট্রোজান গ্রহ

একাদশ অধ্যায় : সৌরজগতেব অন্ত্যাত্ত জ্যোতিষ, ধূমকেতু, উল্কা
এবং উল্কাশ্রোত ও সৌরজগতেব সৃষ্টিতত্ত্ব " " " " ১৪৩

১.১১ ধূমকেতু, ১১.২. ধূমকেতুর কক্ষপথ, ১১.৩. বৃহস্পতি গ্রহের
ধূমকেতুগুলি, ১১.৪. হ্যালির ধূমকেতু, ১১.৫. ধূমকেতুৰ প্রকৃতি, ১১.৬.
উদ্ভাপাত এবং উল্কাশ্রোতে, ১১.৭. উদ্ভাপিণ্ড, ১২.৮ সৌরজগতেব
সৃষ্টিতত্ত্ব

দ্বাদশ অধ্যায় : কৌণিক দ্রাষ্টি

১৫০

১২.২. ভূ-কৌণিক দ্রাষ্টি, ১২.৩. ভূ-কৌণিক দ্রাষ্টিব ১২.৪. চন্দ্রেব, উদয়-
কালীন কৌণিক দ্রাষ্টিব পরিমাণ নির্ণয়, ১২.৫. এব কৌণিক দ্রাষ্টিব
সাহায্যে সূর্যেব কৌণিক দ্রাষ্টিব নির্ণয়, ১২.৬. একটি জ্যোতিষ্কেব উদয়-
কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি কৌণিক দ্রাষ্টি এবং ইহাব গড় দূরত্ব, ১২.৭.
উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং কৌণিক ব্যাস হইতে চন্দ্রেব প্রকৃত ব্যাস নির্ণয়,
১২.৮. সূ-কৌণিক বা বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি, ১২.৯. বাৎসবিক
দ্রাষ্টি জতিন ফলা ফল, ১২.১০. নক্ষত্রেব বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয়,
১২, ১১, বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং নক্ষত্রেব দূরত্ব নির্ণয়

ত্রয়োদশ অধ্যায় : সূর্য

১৬৬

১৩.১. সূর্যেব প্রকৃতি, ১৩.২. সূর্যেব স্থায়ী অক্ষেব চাবী পাণ্ডে
আবর্তন, ১৩.৩. সূর্য হইতে তাপ বিকিরণ, ১৩.৪. সূর্যেব বহি ভাগেব
বিশেষত্ব গুলি, ১৩.৫. সূর্যেব কৌণিক দ্রাষ্টি এবং জ্যোতিষ্কায় দূরত্বেব
একক, ১৩.৬. সূর্যে বস্তব পরিমাণ, ১৩.৭. সূর্যে গতিবে উৎস

চতুর্দশ অধ্যায় : অবজাবভেটরী

১৭২

১৪.১. অবজাবভেটরী, ১৪.২. সাইডেবিয়াল ঘড়ি, ১৪.৩. সূর্য
ডায়াল, ১৪.৪. বিষুব টেলিস্কোপ, ১৪.৫. মেৰিডিয়ান অতিক্রম লক্ষ্য
কবিবাব টেলিস্কোপ, ১৪.৬. জ্যোতিষ্কেব গতি নির্ণয়, ১৪.৭. সাইডে-
বিয়াল সমস্ত অথবা নক্ষত্রেব বাইট অ্যাসনশন নির্ণয়, ১৪.৮. মহাবিষুব
এব অবস্থান নির্ণয়, ১৪.৯. সেকস্ট্যান্ট

পঞ্চদশ অধ্যায় : গোলকেব জ্যামিতি

১৮৩

১৫.০.২. একটি সমতল একটি গোলকেগে একটি বৃত্তেছেদ কবিবে,
১৫.০.৩. মহাবৃত্ত, ছোটবৃত্ত, অক্ষবেখা এবং পোল, ১৫.০.৪. গোলাকেব
উপবিস্ত্র যে কোন দুইটি বিন্দুকে যতগুলি বক্রবেখা দ্বারা যোগ করা
যাব তৎধ্যে বিন্দু দ্বয়গামী মহাবৃত্তেব ক্ষুদ্রাংশেব দৈর্ঘ্য সবাপেক্ষা কম,
১৫.০.৫. গোলকেব উপর একটি বৃত্ত লওয়া হইলে এই বৃত্তেব যে কোন
পোল হইতে বৃত্তেব পরিসীমাৰ উপর যে কোন বিন্দুৰ কৌণিক দূরত্বে

(আট)

গোলাকার ব্যাসার্ধ বলে, ১৫.০.৬. আরোহী বস্তু, ১৫.০.৭. দুইটি মহাবস্তু পরস্পরকে ছেদ কবিলে উহাদের মধ্যে কি কোন উৎপন্ন হয় তাহাব পরিমাণ, ১৫.০.৮. গোলকীয় ত্রিভুজ, ১৫.০.৯. কয়েকটি সূত্র, ১৫.১. জ্যোতিষের অবস্থান নির্ণয়মূলক কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.২. মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশ সম্বন্ধে জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৩. পৃথিবীর আন্বিক এবং বার্ষিক গতি সম্বলিত সমস্তবলী, ১৫. ৪. সমস্ত সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫. ৫. প্রতিসরণ সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৬. গোখুলি সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় ১৫.৭. চন্দ্র সম্বন্ধে আবও কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৮. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৯. গ্রহ এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে

ষোড়শ অধ্যায় : নক্ষত্র ছায়াপথ ইত্যাদি ২৬১

১৫.২. নক্ষত্রের দূরত্ব, ১৬.২. নক্ষত্রের গতি, ১৬.৩. নক্ষত্রের উজ্জলতাব প্রকাবভেদে শ্রেণী বিভাগ, ১৬.৪. নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল, ১৬.৫. পরিবর্তনশীল নক্ষত্র, ১৬.৬. বিহ্ব নক্ষত্র, ১৬.৭. নক্ষত্র, "পূজা" ১৬.৮. নেবুলা, ১৬.৯. ছায়াপথ, ১৬.১০. বহির্বিষয়ের, ২৬.১১. The Magellanic Clouds

সপ্তদশ অধ্যায় : জ্যোতিষের সহিত পরিচয় ২৭৫

১৭.১. ভূমিকা ১৭.২. নক্ষত্রের নামকরণ, ১৭.৩. আন্তহীন, ১৭.৪. শীতকালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৫. বসন্ত কালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৬. গ্রীষ্মকালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৭. শরৎ কালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৮. দক্ষিণাকাশের নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৯. গ্রহগুলিকে চিনিবার উপায়

প্রথম অধ্যায়

অবতরণিকা

অতীতকালে মানুষের চিন্তাধারায় পৃথিবী (Earth) একটি অটিকাষ স্থিৰ (immobile) জড়পিণ্ড বলিয়া পৰিগণিত হইত। তাহাব দৃষ্টিতে, পৃথিবী বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের কেন্দ্রে অবস্থিত এবং পৃথিবীকে কেন্দ্র কৰিয়া বাবতীয় জ্যোতিৰু (stars) নিদিষ্ট পথে চলাফেরা কৰে। আকাশ একটি অটিকাষ গোলকের মত পৃথিবীকে আবেষ্টন কৰিয়া আছে। স্বাভাবিক কারণেই মানুষের অতীত অভিজ্ঞতা আকাশকে একটা মহাশূন্য (empty space) বলিয়া মানিয়া লইতে পাবে নাই। পৃথিবী যে সৃষ্টিৰ বিশালতায় ভুলনাৰ একটি বিন্দুবিশেষ এ-ধাবণা কখনই অতীতে স্পষ্ট হব নাই।

১ জ্যোতিৰু-বিজ্ঞানের চিন্তাধারায় অগ্রগতি

অতীতকাল হইতেই চিন্তাশীল ব্যক্তিরা আকাশে জ্যোতিৰুগুণীৰ অবস্থান (position) এবং চলাব পথ বা পৰিক্রমণ-পথ (paths of motion) মনোযোগেব সহিত লক্ষ্য কৰিয়া আসিতেছিলেন এবং তাঁহা-দেব পৰ্যবেক্ষণ-ফলেব পিছনে সম্ভাব্য নানা নিষমেব অনুসন্ধান কৰিয়া আসিতেছিলেন। সকল পৰ্যবেক্ষকেবই স্থিৰ বিশ্বাস ছিল যে আকাশেব গ্রহ, উপগ্রহ, নক্ষত্র ইত্যাদিৰ চলাচলেব পিছনে নিশ্চবই কোন শূন্য বা নিষমেব বাহ্যিক বিবাজ কৰিতেছে। কিন্তু বিজ্ঞানেব অগ্রান্ত গাথা—গণিত, পদার্থবিজ্ঞা প্রভৃতিব উন্নতি না হওয়া পর্যন্ত এই শূন্যলাব সমাক জ্ঞান পাওয়া সম্ভব হব নাই।

ক্রমেই বৈজ্ঞানিকেবা বুঝিতে পাবিলেন যে, সূৰ্য (Sun) একটি অটিকাষ জলন্ত গ্যাসপিণ্ডেব গোলকবিশেষ এবং এই গোলকেব ব্যাস (diameter) পৃথিবীৰ ব্যাসেব শতগুণ অপেক্ষা বৃহত্তব। তাঁহাবা আবও বুঝিতে পাবিলেন যে, পৃথিবী অগ্রান্ত গ্রহেব ত্রায় একটি শক্ত, ঠাণ্ডা জড়পিণ্ড বিশেষ। ইহা ছাড়া সৌৰজগতেব (solar system) ক্ষুদ্র বৃহৎ

অনেক গ্রহ আছে বাহ্যিক সূর্যের চারিদিকে নির্দিষ্ট পথে অহবহ ঘূর্ণিতোছে। আবার কতকগুলি জ্যোতিষ (যেমন ধূমকেতু—comet) সূর্যের চারিদিকে খুব সৰু পথে (elongated path) ঘূর্ণিতোছে। তাহাদের পবিত্রকরণ-পথ এবং সমন্বিত নির্দিষ্ট। সূর্য এবং গ্রহ (planets), উপগ্রহ (satellites), ধূমকেতু (comet) মিলিয়া সূর্যের জগৎ বা সৌরজগৎ (solar system) সৃষ্টি হইয়াছে। আমাদের এই সৌরজগতে বহির্বিদ্য থেকে সমন্বিত কোন জ্যোতিষ কক্ষচ্যুত হইয়া আসিয়া পড়ে। তখন আমরা উদ্ভাপাত (meteoroids) লক্ষ্য করি। এইগুলি ক্ষুদ্র বৃহৎ নানা আকারের পদার্থ। আমাদের পৃথিবী অন্তর্গত গ্রহের ভ্রাব একটি গ্রহ এবং প্রত্যেক গ্রহ, উপগ্রহ সূর্য হইতে আলো এবং তাপ লইয়া আলোকিত এবং উত্তপ্ত হব। সূর্য একটি নক্ষত্র (star) এবং মহাবিশ্ব (space) এইরূপ অসংখ্য নক্ষত্র আছে। নক্ষত্রগুলি প্রত্যেকেই উত্তপ্ত অগ্নিপিত্ত এবং নিজের আলোকে আলোকিত।

বিংশ শতাব্দীর পূর্ব পর্যন্ত জ্যোতিষবিজ্ঞানীদের (astronomers) চিন্তাধারা শুধুমাত্র গ্রহগুলির মধ্যেই প্রধানতঃ সীমাবদ্ধ ছিল। সূর্য সহজে বীতিমত গবেষণা এই শতাব্দীতে শূন্য হইয়াছে। গ্রহ সহজে গবেষণার কাবণ এই যে, গ্রহগুলি পৃথিবীর মত এবং প্রধান কোঁতুহল এই যে, অন্তর্গত গ্রহে জীবন (life) আছে কিনা এবং জীবনের অস্তিত্ব থাকিলে তাহাদের স্বরূপ কি?

বাহ্যিক, মানুষের কোঁতুহল অজানাকে জানিবার প্রেবণা সর্বদাই দিয়াছে। ১৬০০ খ্রীষ্টাব্দে জর্নিক সাধু প্রচাৰ কবিরাছিলেন যে, প্রত্যেকটি নক্ষত্রই একটি সূর্য। এই কারণে সাধুকে ধর্মের নামে পুড়াইয়া ফেলা হয়। কিন্তু ১৮০৮ খ্রীষ্টাব্দে বেসেল (Bessel) নামক জার্মান বৈজ্ঞানিক ৬১ সিগ্নাই (61 cygni) নক্ষত্রের প্যারাল্যাক্স (parallax—পৃথিবীর বার্ষিক গতি হইতে উৎপন্ন নক্ষত্রের কৌণিক অবস্থানজনিত ভ্রান্তি বিশেষ) মাপিয়া নক্ষত্রের পৃথিবী হইতে দূরত্ব নির্ণয় কবিতো সক্ষম হইয়াছিলেন। ইহাব ফলে যে গবেষণার স্বরূপাত হয় তাহা বাহ্যিক নিঃসঙ্গেই প্রমাণিত হয় যে, নক্ষত্রগুলি এক একটি সূর্যবিশেষ। আলো (light) প্রতি

সেকেন্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল বা ৩×১০^৮ মিটার বেগে প্রবাহিত হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময়ের প্রয়োজন। কিন্তু কোন নিকটবর্তী নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় তিন বৎসর সময়ের প্রয়োজন হইবে। অর্থাৎ এই নক্ষত্র যদি এই মুহূর্তে নিভিষা যায়, তাহা হইলে আমরা তিন বৎসর পব ইহার অস্তিত্ব হাবাইব। অতএব আকাশ এবং মহাশূন্যের ধারণা ক্রমেই বৃহৎ হইতে বৃহত্তর হইতে চলিয়াছে।

উইলিয়াম হার্সেল (William Herschel, 1787) নামক ইংবেজ জ্যোতির্বিদ ১৭৮৭ সালে প্রমাণ করিলেন যে, নক্ষত্রগুলি যথেষ্টাঙ্গমে আকাশে ছড়াইয়া নাই বরং তাহারা অনেকগুলি মিলিয়া একটি বিশাল গ্যালাক্সী (galaxy) সৃষ্টি করে। আমরা যে দ্বািপাথ (The Milky Way) ব্যতিক্রমে দেখিতে পাই উহা অসংখ্য নক্ষত্রপুঞ্জের আলোকে আলোকিত হইয়া আমাদের চক্ষুপথে প্রতিফলিত হয়। গ্যালাক্সীতে পৃথক নক্ষত্র ছাড়াও বাশি বাশি নক্ষত্রপুঞ্জ একত্র হইয়া অসংখ্য আলোকিত মেঘ (নেবুলা—nebula) বিবাজ করিতেছে। এই সমস্ত গ্যালাক্সী ব্যাস এত বিশাল যে ইহা এক প্রান্ত থেকে-অন্ত প্রান্তে যাইতে আলোর ১,০০০০০ বৎসর প্রয়োজন হইবে।

২. 'জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান' বিজ্ঞানের একটি শাখা

জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান গ্রহ-নক্ষত্র ইত্যাদি জ্যোতির্কদের বিজ্ঞান এবং জ্যোতির্ক-বিজ্ঞানী দুই থেকে তাঁহার গবেষণার বিষয়গুলি অবলোকন করিবেন। সমগ্র বিশ্বই তাঁহার ল্যাবরেটরী। কিন্তু জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান লইয়া অতীতে অনেক কুসংস্কারের আবির্ভাব হইয়াছে। মানুষের জ্ঞানের ক্ষুধা এবং তাহার ভবিষ্যতের সন্ধান লইয়া যে কুসংস্কার এবং অ-বিশ্বাসের সৃষ্টি হইয়াছে তাহা জ্যোতির্কশাস্ত্র (astrology)। বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গী হইতে দেখিলে জ্যোতির্ক-বিজ্ঞানকে পত্রীকা এবং পর্যবেক্ষণের আওতায় ফেলিয়া গবেষণা করিতে হইবে। বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য হইল প্রকৃতির জটিল প্রক্রিয়াগুলির অন্তর্নিহিত অপেক্ষাকৃত সহজ নিয়মগুলিকে

বুঝিতে বা বুঝাইতে চেষ্টা করা। ধর্মের সহিত বিজ্ঞানের কোন বিরোধ নাই। উভয়ের পথই ভিন্ন। আমরা সংক্ষেপে বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন সময়ে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের অগ্রগতি সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

৩ প্রাচীন জ্যোতিষ-বিজ্ঞান

বিজ্ঞানের শাখা হিসাবে জ্যোতিষ-বিজ্ঞান প্রাচীন গ্রীস দেশে অধ্যয়ন করা হয়। ইহার পূর্বে চীন, পাক-ভাষত-বাংলাদেশ, ইরাক এবং মিশর দেশে এই শাস্ত্র অধ্যয়ন করা হইত।

(ক) চীন দেশের জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : প্রায় ৪০০০ বৎসর পূর্বে চীন দেশে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের আলোচনা ধারাবাহিকভাবে আবৃত্তি হইয়াছিল এবং আকাশে জ্যোতিষ্কগুলির গতিবিধি লক্ষ্য করিয়া তাহাদের বিবরণ লিপিবদ্ধ করা হইয়াছিল। খ্রিস্টের জন্মের প্রায় ২০০০ বৎসর পূর্বেই চীন দেশে এক প্রকার পঞ্জিকার ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছিল। কথিত আছে যে, খ্রিস্টপূর্ব ২১৬৯ অব্দে দুইজন জ্যোতিষ-বিজ্ঞানী 'হি' এবং 'হো' সঠিকভাবে সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণের সময়-তারিখ নিখুঁতভাবে নির্ণয় কবিত্তে অক্ষম হওয়ায় রাজ্যে কোপ-দৃষ্টিতে পড়েন এবং বৃত্তাবরণ কবিত্তে বাধ্য হন। চীন দেশীয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীদের কয়েকটি আবিষ্কার বিশেষভাবে লক্ষণীয়। খ্রিস্টপূর্ব ৩৫০ অব্দে 'শিসেন' প্রায় ৮০০ নক্ষত্রের একটি তালিকা প্রণয়ন করিয়া ছিলেন। তিনি কৌলিক দৃষ্টির ব্যবহার করিয়াছিলেন। তিনি স্বত্ত্বকে মোট ৩৬৫৬ অংশে বিভক্ত করিয়াছিলেন। ইহার কারণ এই যে, এক বৎসরে মোট ৩৬৫৬ দিন আছে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, চীন-দেশে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানিগণ বৎসরের দৈর্ঘ্য নিখুঁতভাবেই নির্ণয় করিয়া-ছিলেন। ঐ সময়ে বৎসরের ক্ষুদ্রতম দিনে সূর্যের অবস্থানও নির্ণীত হইয়াছিল। ২৫ খ্রিস্টাব্দে সূর্যগ্রহণের সময় নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইয়াছিল। যুদ্ধকেন্দ্র এবং উচ্চ পতনের পূর্ণ তালিকা খ্রিস্টপূর্ব ৭০০ অব্দ হইতেই চীনদেশে রাখা হইত। এমন কি নক্ষ চোখে দেখা সূর্যের উপরিভাগের কৃষ্ণদাগ (sun spot) তালিকাভুক্ত হইয়াছিল। কতকগুলি

নক্ষত্ৰ সাধাবণতঃ খুব ব্যাপসা দেখা যায়, কিন্তু হঠাৎ কয়েক দিন বা সপ্তাহেৰ ভিত্ত তাহাদেৰ ঠাণ্ডাল্য বৃদ্ধি পাইবা খুব বড় আকাৰে দেখা যায়। এইৰূপ নক্ষত্ৰকে 'নোভা' (Nova) বলে। ১০৬৪ খ্ৰীষ্টাব্দে 'টবাস' (Taurus) 'বান্ধি' (constellation) ব্ৰহ্ম নোভাব আবিৰ্ভাব চীন-দেশেৰ জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানেৰ অন্তৰ্ভুক্ত হইয়াছে। সেই মহান বান্ধিৰ অবশিষ্ট এখনও 'ব্ৰশ্চিক' বান্ধিৰ আকাৰে (crab nebula) দেখা যায়।

(ধ) হিন্দু জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : ভাৰতে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান বহুদিন হইতে সমাজে আদৃত হইবা আসিতেছে। কিন্তু এই জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান বৈজ্ঞানিক পটভূমিকাৰ সীমা ছাড়াবা জ্যোতিষশাস্ত্ৰে (astrology) কপালবিত হইবাছিল এবং ভগ্ন জ্যোতিষবিদ্ এখনও পৰ্যন্ত ইহাৰ সুযোগ গ্রহণ কৰিবা সমাজকে বিপথে চালায়। হিন্দু সমাজে ইহাৰ প্ৰভাব অপবিসীম। বাহা হউক আনুমানিক ৩০০ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ পৰা হইতে ভাৰতেৰ অধিবাসিগণ কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা আবিষ্কাৰ কৰিতে সক্ষম হইবাছিলেন। তাহাৰা পৃথিবীৰ ব্যাস (diameter) ৭৮৪০ মাইল নিৰ্ণয় কৰিবাছিলেন। পৃথিবীৰ প্ৰকৃত ব্যাস ৭৯২৭ মাইল। তাহাৰা পৃথিবী হইতে চন্দ্ৰেৰ দূৰত্ব আবিষ্কাৰ কৰেন। তাহাদেৰ মতে এই দূৰত্ব ২,৫০,০০০ মাইল। প্ৰকৃত দূৰত্ব ২,৩৯,০০০ মাইল। সবচেয়ে প্ৰধান ভাৰতীয় আবিষ্কাৰ হইল বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাৰ পদ্ধতি। আবৰগণ এই বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাৰ পদ্ধতি ভাৰত হইতে গ্ৰহণ কৰিবা ইউৰোপে লইবা গিৰাছিলেন। এবং মধ্যযুগে ইহাদেৰ ব্যবহাৰ বহুল পৰিমাণে কৰিবাছিলেন।

(গ) ব্যাবিলনেৰ জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : ব্যাবিলনেৰ অধিবাসিগণ খ্ৰীষ্টপূৰ্ব ২০০০ অব্দে পঞ্জিকা নিৰ্ণয় কৰিবাছিলেন। তাহাদেৰ বৎসবে ৩৬০ দিন এবং ১২ মাস ছিল। ইহা ছাড়া কয়েক বৎসৰ পৰা পৰা ১২ মাসেৰ পৰিৱৰ্ত্তে ১৩ মাস ধৰা হইত। ইহা দ্বাৰা তাহাদেৰ অশুদ্ধ বৎসৰকে সংশোধন কৰা হইত। ইহা ছাড়া ব্যাবিলনেৰ অধিবাসীবা 'সূৰ্য ডায়াল' (sun dial) আবিষ্কাৰ কৰিবাছিলেন এবং

দিনকে ঘণ্টা, মিনিট এবং সেকেন্ডে বিভক্ত করিয়াছিলেন।

খ্রীষ্টপূর্ব ৬০০ অব্দে ব্যাবিলনবাসীরা চন্দ্র, সূর্য এবং গ্রহের অবস্থান এবং তাহাদের গ্রহণকাল (eclipses) ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন। তাঁহারা নিখুঁতভাবে চন্দ্রগ্রহণের আবর্তনকাল (১৮ বৎসরের আবর্তনকাল) নির্ণয় করিয়াছিলেন। ইহাকে 'সারোস' (saros or chaldean saros) বলে। ইহাৰ অর্থ এই যে, প্রতি ১৮ বৎসর পর পর চন্দ্রগ্রহণ বৎসরে একই সময়ে ঘটিতে থাকিবে।

অনেকেই মনে করেন যে, উপবোল্লিখিত আবিষ্কার ছাড়াও ব্যাবিলনের অধিবাসীরা জ্যোতিষশাস্ত্র (astrology) আবিষ্কার করিয়াছিলেন। ইহাৰ ফলে বহুমূল্য কুসংস্কার সৃষ্টি হইয়াছে যে আকাশের জ্যোতিষমণ্ডলী পৃথিবীতে মানুষের ভাগ্য নিরূপণ করে।

(ঘ) মিশর দেশের জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : মিশর দেশে পুরাতন কালে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের আলোচনা ধর্মীয় নেতাদের মধ্যেই সীমাবদ্ধ ছিল। তাঁহারাও এক প্রকার পঞ্জিকাৰ ব্যবহার করিতেন এবং তাঁহাদের বৎসরে ৩৬৫½ দিন ছিল এবং ঋতু পরিবর্তনের সময় তাঁহারা সঠিকভাবেই নিরূপণ করিতেন। নীল নদের বাৎসরিক বন্যার সময় নির্ণয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীদের একটি প্রধান কার্য ছিল।

(ঙ) গ্রীক দেশীয় বা ইউনানী জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : প্রাচীন কালের গ্রীকদের মতে, আকাশ একটি অসীম গোলক এবং ইহাৰ তলে নক্ষত্রগুলি এক একটি মুক্তাব মত বসানো আছে। আকাশ একটি কায়নিক বৈখ্যকে কেন্দ্র করিয়া ঘুরিতেছে এবং এই বৈখ্য পৃথিবীর মধ্য দিয়া গিয়াছে। গ্রীকগণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, উত্তর-আকাশে বর্তমান কালের ঋতবাহার (Polaris) সন্নিহিতে একটি স্থির বিন্দু আছে এবং ইহা অগ্রান্ত নক্ষত্রের সহিত আবর্তনে অংশ গ্রহণ করে না। অতএব আকাশের অক্ষরেখা (কায়নিক) এই বিন্দু দিয়া গিয়াছে। ঐকগ দক্ষিণ আকাশে একটি বিন্দু আছে। এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে উত্তর এবং দক্ষিণ ঋতব-বিন্দু (celestial poles) বলে।

যখন সূর্যোদয় হয় তখন সূর্যের আলোক আকাশে ছড়াইয়া পড়ে এবং বায়ুগুণের ‘অণু’, ‘পরমাণু’ (molecules, atoms) দ্বারা বিকির্ণিত (scattered) হইয়া আকাশকে নীল দেখায়। গ্রীকগণ জানিতেন যে, ঐ নীল আকাশের আড়ালে বাবতীৰ নক্ষত্র লুকাইয়া বহিয়াছে।

সাব্য বৎসব সূর্যের অবস্থান ক্রমশঃই পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং প্রতিদিন সূর্য অস্ত্রান্ত নক্ষত্রের তুলনায় গড়ে ৪ মিনিট পবে পূর্ব আকাশে উদিত হয়। অতএব আকাশে সূর্যের নিজস্ব একটি গতি আছে। গ্রীকগণ আকাশে সূর্যের এই আপেক্ষিক গতিপথ কল্পনা করিয়াছিলেন। ইহাকে কক্ষপথ (ecliptic) বলে। চন্দ্র যখন এই পথের উপর বা সন্নিগটে থাকে তখন চন্দ্রগ্রহণ (eclipse) হয়। সূর্য ব্যতীত চন্দ্র এবং গ্রহগণকে আকাশে অস্ত্রান্ত নক্ষত্রের তুলনায় অবস্থান পরিবর্তন করিতে দেখা যায়। চন্দ্র প্রায় এক মাসে আকাশে একবার সম্পূর্ণভাবে ঘূরিয়া আসে। গ্রীকগণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, চন্দ্র এবং মঙ্গল (Mars), বুধ (Pluto), বৃহস্পতি (Jupiter) ইত্যাদি গ্রহগণ আকাশে ভ্রমণ করিয়া থাকে এবং অবশিষ্ট প্রায় সব নক্ষত্র আকাশে পবনবের আপেক্ষিক দূরত্ব স্থির থাকে। এইজন্য প্রাচীনকালের গ্রীকগণ গ্রহকে (planets) ভ্রমণকারী জ্যোতিষ্ক (wandering stars) এবং স্থির জ্যোতিষ্ককে নক্ষত্র (star) বলিয়া অভিহিত করিতেন। সেকালে চন্দ্র, সূর্য, মঙ্গল, বুধ, শনি, শুক্ত এবং বৃহস্পতি (Sun, Moon, Mars, Mercury, Saturn Venus and Jupiter) এই সাতটি জ্যোতিষ্ককেই ‘গ্রহ’ (planets) আখ্যা দেওয়া হইয়াছিল এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে জ্ঞান অর্জন করিবার জন্ত অনেক গবেষণা করা হইত। আমবা সপ্তাহের সাতটি দিন এই জ্যোতিষ্কগুলির আলোচনা হইতে পাইবাছি। যেমন—সোমবার, চন্দ্রদিন ইত্যাদি।

রাশিচক্র

গ্রহ এবং চন্দ্রের কক্ষপথগুলির সূর্যের কক্ষপথের অতি নিকটে অবস্থিত থাকিতে দেখা যায়। ইহাব কারণ এই যে, এই জ্যোতিষ্কগুলির সকলেই একই সমতলে থাকিয়া সূর্যের চারিদিকে আবর্তন করিতেছে। এই কক্ষপথগুলি সূর্যের কক্ষপথের (বা পৃথিবীর কক্ষপথের) উভয় পার্শ্বে সন্ক

বেষ্টের (বলব) মধ্যে অবস্থিত। এই বেষ্টকে রাশিচক্র (zodiac) বলে। এই রাশিচক্রকে ১২টি রাশিতে বিভক্ত করা হইয়াছিল : Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagittarius, Capricorn, Aquarius and Pisces.

গ্রহগণের বিশেষ রাশিতে অবস্থানের সহিত যে মানুষের ভাগ্যের সম্বন্ধ বিবাজ্য করিতেছে প্রাচীনকাল হইতেই একপ কুসংস্কার চলিয়া আসিতেছে। গ্রীকগণ আলেকজান্ডারের সহিত ভাবতে আগমন করিয়া ভারতের বুদ্ধিকার এই কুসংস্কারের বীজ বপন করিয়াছিলেন এবং আজিও ইহার প্রভাব শেষ হয় নাই।

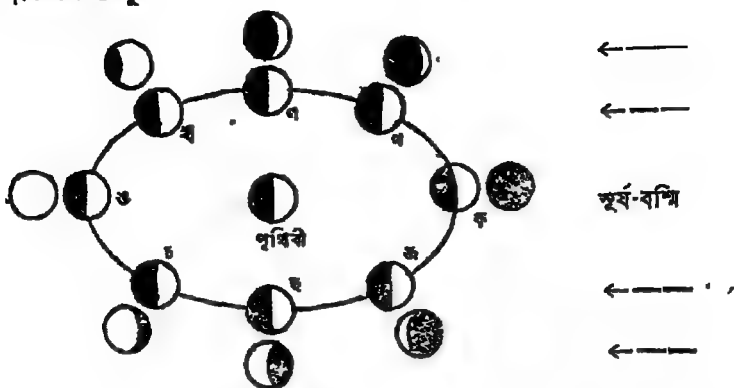
নক্ষত্রপুঞ্জ (Constellations)

গ্রীকগণ আকাশে নক্ষত্রপুঞ্জের অবস্থান অনুসারে আকাশকে কতকগুলি অংশে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেক অংশের নক্ষত্রপুঞ্জকে একটি নাম দিয়াছিলেন। আধুনিক জ্যোতিক-বিজ্ঞানিগণও এই নামকরণ গ্রহণ করিয়াছেন। কিন্তু এই নক্ষত্রপুঞ্জের নামের সহিত ইহাদের চেহারা কোন মিল না থাকায় কিছু বিভ্রান্তি বৃদ্ধি হওয়া স্বাভাবিক।

চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি (Moon's phases)

গ্রীক দার্শনিক অ্যাবিস্টটল (Aristotle) চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি সম্বন্ধে সঠিক বর্ণনা দাখিয়া গিয়াছেন। তাঁহার মতে পৃথিবী নিশ্চল (stationary) এবং চন্দ্র অপেক্ষা সূর্য অনেক দূরে অবস্থিত। কেননা, চন্দ্র সমস্ত সমস্ত পৃথিবী এবং সূর্যের নাকখানে আসিয়া সূর্যের আলোক পৃথিবীতে আসিতে বাধা দেয়, ফলে সূর্যগ্রহণ ঘটনা থাকে। চন্দ্রের আকাশে অবস্থানানুসারে বতটা সূর্যালোক আমাদের চক্ষুপথে পতিত হয়, আমরা চন্দ্রের ততটুকুই দেখিতে পাই। যখন চন্দ্র এবং সূর্য পৃথিবী হইতে একই দৃষ্টপথে থাকে তখন আমরা চন্দ্রের আলোকিত অংশ দেখিতে পাই না। এইজন্য ইহা অমাবস্তা (new moon or no moon)। এই সমস্ত সূর্যগ্রহণ হইবার সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু সাধারণতঃ এই সমস্ত চন্দ্র থেকে পৃথিবী-সূর্য লাইনের একটু উপরে বা একটু নীচে। ইহার কারণ এই যে, চন্দ্রের গতিপথ

সূৰ্যৰ গতিপথৰে সহিত সামান্ত হেলিৰা থাকে (৫°)। চিত্ৰে 'ক' অবস্থান দেখুন।



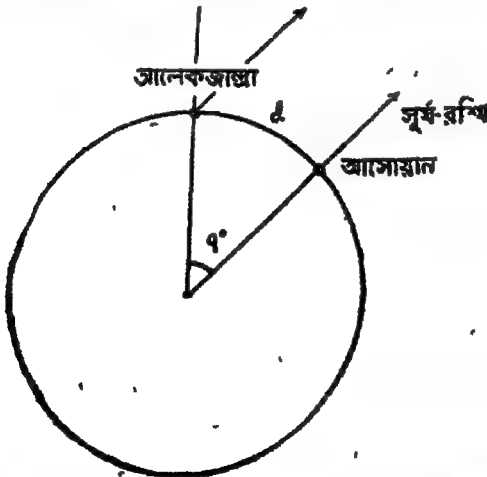
কৰেকদিন পৰা যখন চন্দ্ৰ 'খ' অবস্থানে আসে তখন পৃথিৱী হইতে আমবা ইহাৰ আলোকিত অংশৰ সামান্ত দেখিতে পাই। এইকালে 'ক' হইতে 'ঙ' অবস্থানে আসিবাব দিন পৰ্যন্ত ক্ৰমশঃই আমবা চন্দ্ৰৰ আলোকিত অংশৰ অধিকতৰ দেখিতে পাই। 'ঙ' অবস্থানে আমবা 'পূৰ্ণচন্দ্ৰ' (full moon) দেখি। তাৰপৰা চন্দ্ৰ আৰাৰ 'ঙ' হইতে 'ক' অবস্থানে আসিতে থাকিলে ক্ৰমশঃ ইহাৰ পৃথিৱীৰ দিকে নিষ্কিণ্ণ আলোকিত অংশৰ পৰিমাণ কমিতে থাকে। পূৰ্ণচন্দ্ৰৰ অবস্থানে সমৰ সমৰ পৃথিৱীৰ ছাৰা চন্দ্ৰৰ উপৰ পতিত হইলে আমবা চন্দ্ৰগ্ৰহণ (Lunar eclipse) দেখি। অ্যাবিস্টটলৰ সমৰ চন্দ্ৰৰ এই 'ক্ষ-বৃদ্ধি'ৰ জ্ঞান সতাই বিশ্বকব-।

'পৃথিৱী যে গোলাকাৰ' অ্যাবিস্টটল তাহা বুঝাইবাৰ চেষ্টা কৰিবা- ছিলেন। তিনি বলিযাছেন যে, চন্দ্ৰৰ উপৰ পৃথিৱীৰ ছাৰা পতিত হইবা যে চন্দ্ৰগ্ৰহণ স্ৰষ্টি কৰে সেই ছাৰা সব সমৰ গোলাকাৰ। ইহা ছাৰা প্রমা- নিত হৰ যে, পৃথিৱী গোলাকাৰ। দ্বিতীয় প্রমাণ হিসাবে অ্যাবিস্টটল লিখিযাছিলেন উত্তৰ দিকেৰ প্রমাণকাৰী লক্ষ্য কৰিবা থাকেন যে, নক্ষত্ৰ- গুলি দিগন্ত বেখাৰ অপেক্ষাকৃত উপৰে উঠিবা থাকে। তেমনি দক্ষিণগামী প্রমাণকাৰীবা উৰ্টা ফল লক্ষ্য কৰিবেন। পৃথিৱী গোলাকাৰ না হইলে এইৰূপ ঘটনা সম্ভব হইত না।

অ্যাবিস্টটলের পর গ্রীক বিজ্ঞানের আবিষ্কাৰে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানে পৰিমাপ-প্ৰক্ৰিয়াৰ (method of measurements) সাহায্য লওয়া হয়।

এৰাটোস্থিনিসের পৃথিবীর ব্যাস নির্ণয়

কল্পনা কৰুন যে, সূৰ্যৰে বস্তুসকল পৰস্পৰে সমান্তৰাল। সূৰ্য পৃথিবী হইতে এত দূৰে অবস্থিত যে, আমবা সূৰ্য-ৰশ্মিকে সমান্তৰাল কল্পনা কৰিবা। নিম্নলিখিত গণনা কৰিতে পাৰি। এৰাটোস্থিনিস (Eratosthenes) মিশৰ দেশেৰ দুইটি স্থান আলেকজান্দ্ৰিয়া এবং আসোয়ান গছল কৰেন। তিনি লক্ষ্য কৰেন যে, ২২শে জুন দিগ্ৰহৰে আসোয়ানে একটা খাড়া স্তম্ভেৰ ভিতৰে সূৰ্য-ৰশ্মি সোজা হইবা পতিত হয়। ইহাৰ অৰ্থ এই যে, ঐদিন আসোয়ান সূৰ্যৰ ঠিক নীচে অবস্থিত। কিন্তু উক্ত দিকে আলেকজান্দ্ৰিয়াতে সূৰ্য-ৰশ্মি খাড়া বেখাৰ (vertical) সহিত প্ৰায় ৭° কোণ উৎপন্ন কৰে। আসোয়ান হইতে আলেকজান্দ্ৰিয়াৰ দূৰত্ব জানিবা। গোলকৰ পৃথিবীৰ পৰিসীমা নির্ণয় সম্ভব। (নিম্নেৰ চিত্ৰ দেখুন)।



মনে কৰুন আসোয়ান-আলেকজান্দ্ৰিয়াৰ দূৰত্ব = d . অতএব, সমস্ত পৃথিবীৰ পৰিসীমা C হইবে

$$C = \frac{৩৬০}{৭} \times d$$

এইভাবে উত্তৰ-দক্ষিণে পৃথিবীৰ পৰিসীমাব মান ইহাব প্ৰকৃত মান ২৪,৯০০ মাইলেৰ প্ৰায় শতকৰা ১ ভাগেৰ মথ্যে নিৰ্ণয় কৰা হইয়াছিল।

হিপাৰকাস (Hipparchus)

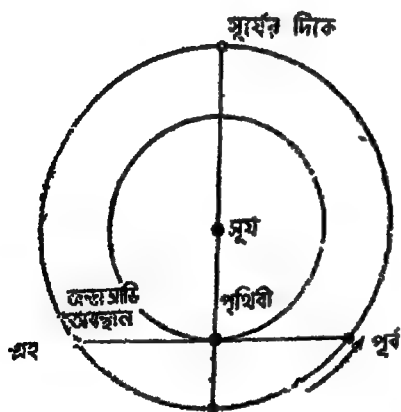
খ্ৰীষ্টপূৰ্ব ১৫০ অব্দে হিপাৰকাস নামক গ্ৰীক জ্যোতিষ-বিজ্ঞানী বোডস ৰীপে একাট অবজাৰভেটৰী (observatory) নিৰ্মাণ কৰেন এবং কয়েকটি যন্ত্ৰেৰ সাহায্যে নক্ষত্ৰপুঞ্জৰ সঠিক দিক নিৰ্ণয় কৰিতে সক্ষম হন। তিনি প্ৰায় ১ সহস্ৰ তাৰকাৰ তালিকা প্ৰস্তুত কৰেন এবং প্ৰত্যেকটি তাৰকাৰ স্থান নিৰ্ণয় কৰিবাব জন্ত স্থানাঙ্ক (co-ordinates) ব্যবহাৰ কৰেন। উজ্জলতাৰ উপৰ ভিত্তি কৰিযা হিপাৰকাস নক্ষত্ৰ-গুলিকে ৬ ভাগে বিভক্ত কৰেন এবং প্ৰত্যেক নক্ষত্ৰ অন্ত নক্ষত্ৰেৰ তুলনাৰ কত উজ্জল তাহা স্থিৰ কৰেন। তিনি সৰ্বপ্ৰথম আবিষ্কাৰ কৰেন যে, ঋতুতাৰকা (north polaris) গত ১৫০ বৎসৰে স্বকীয় স্থান পৰিবৰ্তন কৰিয়াছে অৰ্থাৎ পৃথিবীৰ অক্ষবেখা ধীৰে ধীৰে দিক পৰিবৰ্তন কৰে। ইহাব প্ৰকৃত কাৰণ এই যে, পৃথিবীৰ উপৰ সূৰ্য এবং চন্দ্ৰেৰ মাধ্যাকৰ্ষণেৰ ফলে ক্ৰমশঃ ইহাব অক্ষবেখা (axis) ধূৰ্ণ্যমান লাটমেৰ মত দিক পৰিবৰ্তন কৰিযা থাকে। ইহাব আবৰ্তনকাল প্ৰায় ২৬,০০০ বৎসৰ।

ইহা ছাড়া হিপাৰকাস চন্দ্ৰেৰ দূৰত্ব এবং আয়তন নিৰ্ণয় কৰেন। তিনি সূৰ্য এবং চন্দ্ৰেৰ কৌণিক ব্যাস $\frac{1}{2}^\circ$ নিৰ্ণয় কৰেন। তিনি নিছূলভাবে চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় স্থিৰ কৰেন এবং তিনি সৰ্বপ্ৰথম সিদ্ধান্ত কৰেন যে পৃথিবীৰ কক্ষপথ একাট উপবৃত্ত (ellipse) এবং বৃত্তাকাৰ নহে।

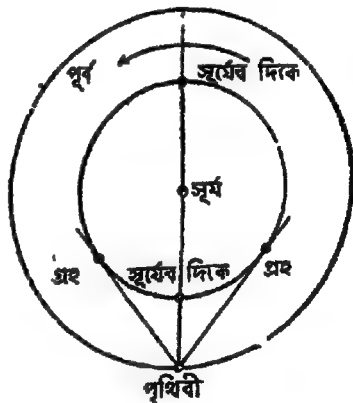
(৬) মধ্যযুগীয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : মধ্যযুগীয় ইউৰোপে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানে উল্লেখযোগ্য কোন আবিষ্কাৰ সম্ভব হব নাই। মধ্যযুগীয় মন কতকটা অন্ধবিশ্বাসেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰিত। সৰ্বপ্ৰথম কপাৰনিকাস (Nicholas Copernicus) ১৫০০ খ্ৰীষ্টাব্দে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, সূৰ্য স্থিৰ বস্তু এবং পৃথিবী সূৰ্যেৰ চতুৰ্দ্দিকে আবৰ্তন কৰিতেছে। কপাৰনিকাস পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতিৰ সঠিক প্ৰমাণ দেন নাই। কিন্তু তিনি আপেক্ষিক গতি (relative motion) সম্বন্ধে বিশদভাবে

আলোচনা করেন। এই আপেক্ষিক গতিব সাহায্যে তিনি সিদ্ধান্ত কবেন যে, সূর্যের আপাত বার্ষিক গতিকে পৃথিবীর বার্ষিক গতি দ্বারা সহজে বর্ণনা করা সম্ভব। সূর্য হইতে দূরত্বানুযায়ী কপারনিকাস গ্রহগুলিকে পর্যায়ক্রমে মার্কুরী (Mercury), শুক্র (Venus), পৃথিবী, মঙ্গল (Mars), বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn)-কে স্থাপন কবেন এবং সিদ্ধান্ত করেন যে, সূর্যের নিকটবর্তী গ্রহ অপেক্ষাকৃত দূরবর্তী গ্রহ অপেক্ষা দ্রুতবেগে সূর্যের চাৰিদিকে আবর্তন করিতেছে। তাঁহাব মতানুযায়ী গ্রহের আবর্তনধারা নিম্নে বর্ণিত হইল :

যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা দূরে অবস্থিত তাহাকে “দূরবর্তী গ্রহ” (superior planet) এবং যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকটে অবস্থিত তাহাকে “নিকটবর্তী গ্রহ” (inferior planet) বলে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



সূর্যের বিপরীত দিকে দূরবর্তী গ্রহের
গতিপথ—মঙ্গল, বৃহস্পতি এবং শনি



নিকটবর্তী গ্রহের গতিপথ—
বুধ এবং শুক্র

পৃথিবী কখনও কখনও সূর্য এবং দূরবর্তী গ্রহের মার্কখানে আসিয়া পড়ে। ঠিক সেই সময় আকাশে দূরবর্তী গ্রহকে সূর্যের বিপরীত

দিকে দেখা যাব। অৰ্থাৎ সূৰ্য্যাস্তৰ সময় গ্ৰহ পূৰ্বাকাশে উদিত হয় এবং সূৰ্যোদয়ৰ সময় পশ্চিমাকাশে অস্ত যাব। আমবা বলি যে, এই সময়ে গ্ৰহ সূৰ্য্যৰ বিপৰীতমুখী (in opposition)।

অন্ত সময় দুবৰতী গ্ৰহকে সূৰ্য্যৰ যে দিকে পৃথিবী তাহাৰ বিপৰীত দিকে দেখা যাব। এই অবস্থায় গ্ৰহ সূৰ্য্যভিমুখী (in conjunction) হয় এবং সূৰ্য্যৰ দিকে থাকে বলিবা আমবা ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই না।

এই দুই অবস্থায় মাঝামাঝি সময়ে দুবৰতী গ্ৰহ সূৰ্য্য ও পৃথিবীৰ সহিত ৯০° কোণে আসিতে দেখা যাব। এই সময় গ্ৰহ বিপ্ৰহবে আকাশে উদিত হয় এবং মধ্যৰাত্ৰিতে অস্ত যাব। ইহা গ্ৰহৰ আড়াআড়ি অবস্থা (quadrature)। পৃথিবী হইতে সূৰ্য্যৰ দিকে একট বৈখা এবং পৃথিবী হইতে গ্ৰহৰ দিকে অপব একট বৈখা কল্পনা কবিলে এই দুইট কালনিক বৈখাৰ মধ্যোকাৰ কৌণিক দূৰত্বকে আমবা গ্ৰহৰ "কৌণিক ব্যৱধান" (elongation) বলি। সূৰ্য্যভিমুখী গ্ৰহৰ কৌণিক ব্যৱধান 0° , বিপৰীত মুখে ১৮০° এবং আড়াআড়ি অবস্থায় ৯০° ।

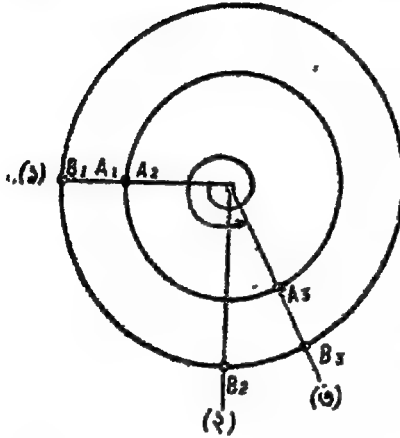
নিকটবৰ্তী গ্ৰহৰ গতিপথৰ চিত্ৰ লক্ষ্য কৰিলে দেখা যাব যে, কোন নিকটবৰ্তী গ্ৰহই বিপৰীতমুখী হইতে পারে না। ইহা সব সময় সূৰ্য্যাস্তৰ অগ্নক্ষণ পৰে অথবা সূৰ্যোদয়ৰ কিছুক্ষণ পূৰ্বে আকাশে উদয় হয়।

গ্ৰহৰ সাইডেৰিয়াল বৎসৰ এবং সাইনডিক বৎসৰ (Siderial and Synodic periods of a planet)

কপাবনিকাস প্ৰকৃতপক্ষে লক্ষ্য কৰেন যে, সূৰ্য্যৰ চতুৰ্দিকে গ্ৰহৰ প্ৰকৃত আবৰ্তনকাল (siderial period) এবং ইহাৰ আপেক্ষিক আবৰ্তনকাল [synodic period (পৃথিবীৰ তুলনায়)] দুইট পৃথক। সূৰ্য্যৰ চতুৰ্দিক পৰিভ্ৰমণ কৰিবা অত্যন্ত জ্যোতিষ্কৰ গ্ৰাষ আপন অবস্থায় ফিৰিবা, আসিতে গ্ৰহৰ যে সময় লাগে উহাকে সাইডেৰিয়াল বৎসৰ (siderial period) বলে। অন্তৰ্গক্ষে গ্ৰহ পৃথিবীৰ তুলনায় পব পব সূৰ্য্যৰ বিপৰীতমুখী অবস্থানে আসিতে যে সময় নেৰ উহাকে সাইনডিক বৎসৰ,

(synodic period) বলে।

মনে করুন A এবং B দুইটি গ্রহ এবং A ক্রান্ততর কক্ষপথে B অপেক্ষা দ্রুত আবর্তন করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



(১) সংখ্যক অবস্থায় A গ্রহ B গ্রহ এবং সূর্যের সহিত এক সরলরেখায় অবস্থিত। যখন A সূর্যের চতুর্দিকে আবর্তন করিয়া (১) সংখ্যক অবস্থায় ফিবিয়া আসে, তখন সেই সময়ে B (২) সংখ্যক অবস্থায় এবং A, B এবং সূর্যের সহিত একই সরল রেখায় (৩) সংখ্যক অবস্থায়

আসে। অতএব B, A এবং সূর্য পব পব একই সরলরেখায় আসিতে A, B অপেক্ষা পূর্ণ একবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া আসে। এখন B যদি পৃথিবী এবং A একটি নিকটবর্তী গ্রহ (inferior planet) হব তাহা হইলে (১) সংখ্যক অবস্থা হইতে (৩) সংখ্যক অবস্থায় আসিতে A গ্রহের এক 'সাইনডিক বৎসব' সময় লাগিবে। অতএব যদি A পৃথিবী এবং B দূরবর্তী একটি গ্রহ হব তবে B-এর সাইনডিক বৎসবে পৃথিবী B অপেক্ষা অধিকবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিবে।

পৃথিবী হইতে আমরা একটি গ্রহের সাইনডিক বৎসব নির্ণয় করিতে পারি। কপারনিকাস সাইনডিক বৎসব হইতে সাইডেরিভাল বৎসব নির্ণয় করিবার সূত্র আবিষ্কার করেন।

মনে করুন একটি গ্রহের সাইডেরিভাল বৎসবের মান S বৎসব এবং ইহার সাইনডিক বৎসবের মান P বৎসব। P বৎসবে পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে P বার আবর্তন করিবে (P প্রকৃতপক্ষে ১ বৎসব অপেক্ষা কম বা বেশী হইতে পারে)। কিন্তু উপরোক্ত গ্রহটি S বৎসবে সূর্যের

চারিদিকে একবার প্রদক্ষিণ কবে। অতএব P বংসরে P/S-বার ইহা সূর্যকে প্রদক্ষিণ কবিবে। যদি গ্রহটি নিকটবর্তী হয়, তাহা হইলে ইহা পৃথিবী অপেক্ষা একবার বেশী আবর্তন কবিবে। অতএব এক্ষেত্রে,

$$P + S = P/S$$

অথবা, $\frac{2}{S} = 1 + \frac{2}{P}$ (নিকটবর্তী গ্রহ)

কিন্তু যদি গ্রহটি দূৰবর্তী (superior planet) হয় তাহা হইলে

$$P - S = P/S$$

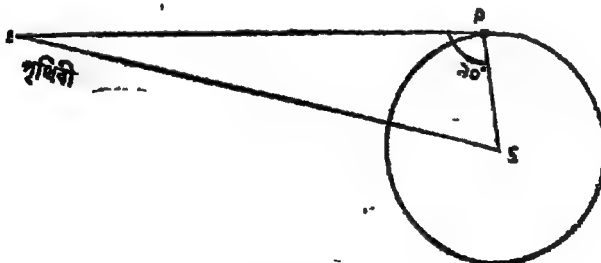
অথবা, $\frac{1}{S} = 1 - \frac{1}{P}$ (দূরবর্তী গ্রহ)

উদাহরণস্বরূপ মনে করুন, বৃহস্পতি গ্রহের সাইনডিক বংসব ১০৯৪
বংসব। সূত্রব্যবহার সাইডেবিয়াল বংসব S হইবে।

$$\frac{S}{S} = 1 - \frac{1}{1.028} \quad \text{অথবা } S = 11.76 \text{ বৎসর।}$$

সূর্য হইতে গ্রহের দূরত্ব

কপাশনিকাস সাইডেবিবাল বংশবৈব সাহায্যে গ্রহেব দূবধ নিৰ্গম
কৰিবন। প্ৰথমে একাট নিকটবৰ্তী গ্ৰহ কল্পনা কৰিবন। বৰ্তন এই গ্ৰহটি
পৃথিবী হইতে বৃহত্তম কৌণিক ব্যাসথানে আসে তখন পৃথিবী হইতে গ্ৰহ
পৰ্যন্ত কল্পিত সবলবেধা উক্ত গ্ৰহেব ককগণকে স্পৰ্শ কৰে (নিম্নেব চিত্ৰ
দেখন)।



नृपिबो हरेते नृपेभ्यः पुत्रम्

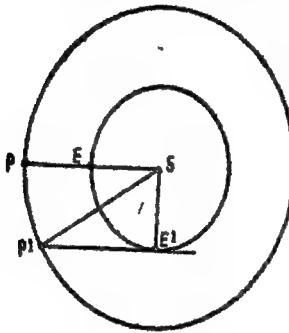
অতএব, কৌণিক ব্যবধান $\angle SEP = 0$ করনা করিবা, আমবা পাই

$$SP \approx ES \text{ সাইন } 0$$

$SP \equiv$ সূর্য হইতে গ্রহের দূরত্ব।

$ES \equiv$ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব

এখন একটি দূরবর্তী গ্রহের দূরত্ব বিবেচনা করুন। মনে করুন P নামক গ্রহ সূর্যের বিপরীতমুখী অবস্থানে আছে। এই সময় হইতে আবস্ত করিয়া



P বন্ধন আভ্যাজি অবস্থান আসে P' তখন E এবং P-এর অবস্থান E' এবং P'। এখন P এবং E এর সাইডেবিয়াল বংসব জানা থাকিলে $\angle PSP'$ এবং $\angle ESE'$ কোণ দুইটি নির্ণয় করা যায়। আবার $\angle SP'$ একটি সমকোণী ত্রিভুজ এবং $\angle SE'$ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব।

অতএব $P'S$ সহজে নির্ণয় করা যায়। এইরূপে পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বকে 'একক' (unit) ধরিয়া কপারনিকাস নিরেব বর্ণিত নিয়মে গ্রহের দূরত্ব নির্ণয় করেন :

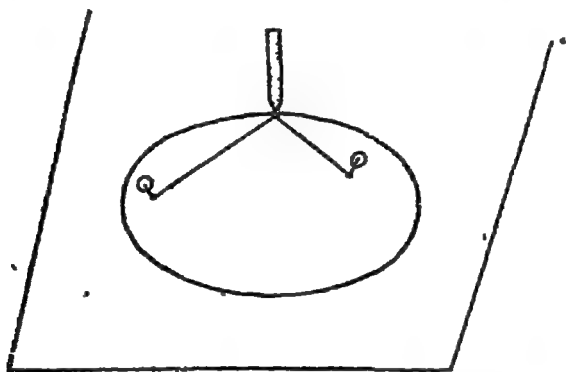
গ্রহ	দূরত্বের মান	আধুনিক মান
সূর্য	০ ৩৬	০ ৩৮৭
শুক্র	০ ৭২	০ ৭২০
পৃথিবী	১'০০	১'০০
মঙ্গল	১'৫	১'৫২
বৃহস্পতি	৫	৫ ২০
শনি	৯	৯ ৫৪

কপারনিকাসের সমসাময়িক টাইকো ব্রাহে (Tycho Brahe, 1546-1601) ডেনমার্ক জ্যোতিষবিদ্যা অধ্যয়নের জন্য একটি গবেষণাগার প্রতিষ্ঠা করেন। তিনি ধুমকেতু (comet) সম্বন্ধে অনেক গবেষণা করেন

কেপলার (Kepler, 1571-1630)

কেপলার একজন জার্মান জ্যোতির্বিদ ছিলেন এবং টাইকো ব্রাহে'র শিষ্যরূপে তাঁহার সহিত থাকিয়া তাঁহার গবেষণাগারে অধ্যয়ন করিবাব সুযোগ পাইবাছিলেন।

কেপলার সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন যে, সূর্যের চতুর্দিকে যে পথে গ্রহ আবর্তন করে সেই পথ একটি উপবৃত্ত (ellipse)। ইহা বৃত্তের (circle) পবই একটি সহজ বেধা। উপবৃত্ত অতি সহজেই অঙ্কন করা যায়। একটি সূতাব দুই ধাবে দুইটি আলপিন বাঁধিয়া কাগজের উপর দুই বিন্দুতে আটকাইয়া বাঁধিয়া একটি পেন্সিলের অগ্রভাগ দিয়া সূতাকে সর্বদা টান বাঁধিয়া উপবৃত্ত অঙ্কন করুন (নিম্নে চিত্র দেখুন)।



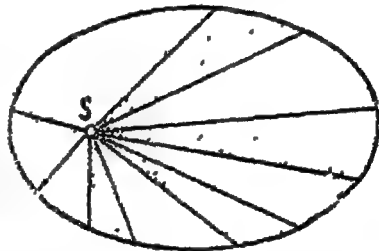
মঙ্গল গ্রহ লইয়া কেপলার গবেষণা করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, মঙ্গল গ্রহ উপবৃত্তাকারে সূর্যকে আবর্তন করে এবং সূর্য ঐ উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) অবস্থিত। এই করুপথের বিকেন্দ্রিকতা (eccentricity) মাত্র $\frac{1}{3}$ । করুপথে বিচরণ করিবাব সময় ঐ গ্রহের গতি (speed) সব সময় একইরূপ থাকে না। যখন ইহা সূর্যের নিকটবর্তী হয় তখন ইহার গতি সর্বাপেক্ষা অধিক এবং সূর্য হইতে দূরত্ব যতই বাড়িতে থাকে ততই ইহার গতি কমিতে থাকে। গ্রহের বিচরণ-পথ এবং উহার গতি সম্বন্ধে সন্ধিত জ্ঞান হইতে তিনি

ইহাদের গতি ও কক্ষপথ (planetary motion) সম্বন্ধে তিনটি নিয়ম বা সূত্র (laws of planetary motion) আবিষ্কার করেন।

কেপলারের প্রথম সূত্র : প্রত্যেকটি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে একটি নির্দিষ্ট উপবৃত্তাকার কক্ষপথে বিচরণ করে এবং সূর্য উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) থাকে।

কেপলারের দ্বিতীয় সূত্র : প্রত্যেকটি গ্রহ সূর্য কক্ষপথে বিচরণ করিবার সময় গ্রহ হইতে সূর্য পর্বন্ত কল্পিত রেখা সমান সমান সময়ে সমান সমান ক্ষেত্রফল বর্ণনা করে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

কেপলারের তৃতীয় সূত্র :
একটি গ্রহের কক্ষপথের বৃত্তের অক্ষরেখার অর্ধাংশের পরিমাণ যদি a এবং ঐ গ্রহের সাইডেরিয়াল সময়ের পরিমাণ যদি S হয়, তাহা হইলে S^2 , a^3 -এর সমানু-



পাতী হইবে, অর্থাৎ প্রত্যেকটি গ্রহের জন্যই $S^2 = Ka^3$, $K =$ একটি ধ্রুব সংখ্যা। K সকল গ্রহের জন্য একই মান গ্রহণ করে। যথা—মনে করুন বৃহস্পতি গ্রহের জন্য $a = ৫২০$ এবং $a^3 = ১৪০৬$ এবং ইহা বর্গমূল ১২ বৎসব এবং বৃহস্পতি গ্রহের সাইডেরিয়াল বৎসব ১১ ৮ ৬ বৎসব।

গ্যালিলীও (Galileo Galilei, 1564-1642)

কেপলারের সমসাময়িক গ্যালিলীও ইটালীতে সর্বপ্রথম মেকানিক্সের উপর গবেষণা শুরু করেন। তিনি সর্বপ্রথম পর্বীকা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, একটি ভাবী এবং একটি লম্বু পদার্থকে একসঙ্গে একটি উচ্চতান হইতে ছাড়িয়া দিলে একই সময়ে উহা মাটিতে পড়িবে। তিনি মেকানিক্সের Law of Inertia আবিষ্কার করেন এবং বিজ্ঞানে পর্বীকামূলক গবেষণার ভিত্তি স্থাপন করেন। তিনিই সর্বপ্রথম টেলিস্কোপ আবিষ্কার করেন এবং ইহা সাহায্যে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন যে, নেবুলা প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রের সমষ্টি, বৃহস্পতি গ্রহের চারিটি উপগ্রহ আছে এবং গ্রহের ক্ষয়বৃদ্ধি আছে (Phases)।

দ্বিতীয় অধ্যায় মহাকাশ ও ইহার আবর্তন (Celestial Sphere and Its Rotation)

জ্যোতিষিষ্ঠা আলোচনায় প্রথমে আমরা পৃথিবীকে একটি গোলক (sphere), এবং ইহা মহাবিশ্বের কেন্দ্রস্থলে আছে বলিয়া মনে করিয়া লই। মহাবিশ্বের জ্যোতিকগুলি একটি বিশাল গোলকের উপর অবস্থিত। এই বিশাল গোলকটিকে আমরা মহাকাশ (celestial sphere) বলিয়া কল্পনা করি। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিকগুলি পৃথিবী হইতে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থিত। তাহারা এত দূরে অবস্থিত যে, আমরা তাহাদিগের সকলকেই একটি কল্পিত গোলকের (মহাকাশ) উপর কল্পনা করিয়া থাকি। এই কল্পিত গোলকের উপর যে-কোন জ্যোতিক্ষেব অবস্থান স্থির করিতে হইলে কতকগুলি মহাবস্তুের প্রয়োজন।

২.১ মহাকাশ (Celestial Sphere)

মহাকাশকে আমরা একটি গোলক বলিয়া কল্পনা করি। এই গোলকের ব্যাস অসীম (infinity) এবং আমরা যে-কোন স্থান হইতে আকাশকে দেখি না কেন, ঐ স্থানই গোলকের কেন্দ্র। এই গোলকের উপর প্রত্যেকটি জ্যোতিক্ষেব একটি অবস্থান আছে। এই অবস্থান প্রকৃত না হইলেও ইহা হইতে একটি জ্যোতিক অস্ত্রাশ্র জ্যোতিক্ষেব তুলনায় কোন দিকে অবস্থান করিতেছে তাহা আমরা জানিতে পারি। দুইটি জ্যোতিক্ষেব, মধ্যোক্তাব দূরত্ব উভয়েই কোণিক-দূরত্ব দ্বারা স্থির করা যায়।

২.২. দিগন্তরেখা এবং মেরিডিয়ান রেখা

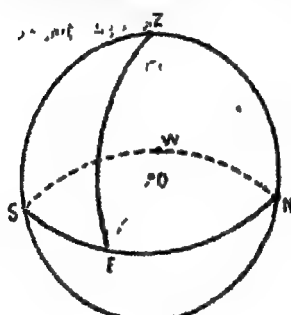
(Horizon and Celestial meridian)

আমাদের সোজা মাথার উপর মহাকাশে যে বিন্দু কল্পনা করা যায় উহাকে জেনিথ (Zenith) বলে। ইহার বিপরীত দিকের মহাকাশের বিন্দুকে নাদির (Nadir) বলে।

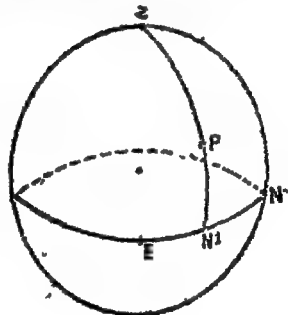
এখন মহাকাশের উপবিভাগে জেনিথ এবং নাদির বিন্দুদ্বয়ের দ্বারা থাকি যে মহাবৃত্ত (great circle) বহন করা যায় উহাকে মহাকাশে,

দিগন্তবেধা (horizon) বলে। ইহা মহাকাশের উপর একটি কল্পিত রেখা। মহাকাশ গোলকটিকে ইহার কেন্দ্র-মধ্য দিয়া কল্পিত জেনিথ ও নাদিবেধ যুক্ত বেধার লম্বতলটি যে বৃত্তে ছেদ করিবে উহাই দিগন্তবেধা।

লম্ববৃত্ত (Vertical circles): মহাকাশের কেন্দ্র, জেনিথ এবং নাদিবেধ মধ্য দিয়া যে বৃত্তগুলি কল্পনা করা যায় তাহাদিগকে লম্ববৃত্ত বলে। ইহা বা দিগন্তবেধার উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। যে লম্ববৃত্তটিকে ঋষ নক্ষত্রের (Pole star) মধ্য দিয়া কল্পনা করা যায় উহাকে মেরিডিয়ান-বেধা (celestial méridian) বলে। যে লম্ববৃত্তটি মেরিডিয়ান রেখার সহিত 90° কোণ উৎপন্ন করে, অর্থাৎ মহাকাশের পূর্ব এবং পশ্চিম বিন্দু-মধ্য দিবা কল্পনা করা যায় উহাকে প্রাথমিক লম্ববেধা (prime vertical) বলে। নিম্নে ১নং চিত্রে Z বিন্দু জেনিথ, SN লম্ববেধা, EZ প্রাথমিক লম্ববেধা, SEN দিগন্তবেধা।



১ নং চিত্র



২ নং চিত্র

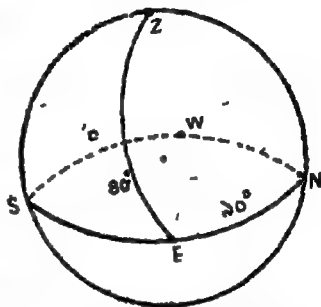
২৩. মেরিডিয়ান এবং দিগন্তরেখার সাহায্যে মহাকাশের উপর অবস্থিত যে-কোন বিন্দুর স্থানাঙ্ক (co-ordinates) নির্ণয়

২নং চিত্রে মনে করুন P মহাকাশের উপর একটি জ্যোতিষ, Z জেনিথ, E পূর্ব বিন্দু, N উত্তর বিন্দু (লম্ববেধা ও দিগন্তবেধার ছেদবিন্দুসমূহকে উত্তর ও দক্ষিণ বিন্দু বলে) এবং ZP, P-বিন্দু-মধ্য দিয়া অঙ্কিত লম্ববৃত্তাংশ। দিগন্তবেধার উপর N হইতে পূর্বদিকে NN' দূরত্বকে (কৌণিক) অ্যামিথ্রাথ (azimuth) এবং N'P-কৌণিক দূরত্বকে

উচ্চতা (altitude) বলে। অ্যাবিমাখ এবং উচ্চতা জানা থাকিলে মহাকাশের উপর P-এব আপেক্ষিক অবস্থান নির্ণয় করা যায়। NN'-এবং N'P-কে, P-এব স্থানাঙ্ক (co-ordinates) বলে।

উদাহরণ ১। একটি নক্ষত্রের অ্যাবিমাখ ১০° এবং উচ্চতা ৪৫° হইলে উহাব অবস্থান নির্ণয় করুন।

উদাহরণ ২। একটি নক্ষত্রের অ্যাবিমাখ ১৮০° এবং উচ্চতা ৬০° । নক্ষত্রটির অবস্থান নির্ণয় করুন। নক্ষত্রটি বিন্দু হইতে ৬০° উচ্চতায় অবস্থিত।



আকাশে নক্ষত্রের অবস্থান এই স্থানাঙ্কগুলি দ্বারা সহজে নির্ণয় করা যায়। এইজন্ত জবিন-কার্বে এবং সমুদ্রবাজার এইগুলির ব্যবহার হইয়া থাকে। কিন্তু একটি জ্যোতিষের অ্যাবিমাখ এবং উচ্চতা অবিকল পবিবর্তনশীল। ইহাব কারণ, মহাকাশের আপেক্ষিক (apparent) আবর্তন। ইহা হাডা একই জ্যোতিষের স্থানাঙ্ক বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রূপ। এই অনুবিধাব জন্ত অল্পকপ স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয়।

২৪. আন্থিক গতি

আকাশে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত দৃষ্টে মনে হয় যেন মহাকাশ পৃথিবীর চাষিদিগকে অবিকল পূর্ব হইতে পশ্চিম দিকে ঘূষিতেছে। এই আপাত আন্থিক গতি (diurnal motion) প্রকৃৎগত পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের উপর পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে আবর্তনের ফলে হইয়া থাকে।

প্রত্যেকটি নক্ষত্র দৈনিক আকাশের চাষিদিগকে আবর্তন কবে। ইহাদের আবর্তন-পথগুলি পবম্পব সমান্তবাল বৃত্তাকার এবং উহাব প্রত্যেকে একই সময়ে আবর্তন করে। কিন্তু সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহগণ আপাতদৃষ্টিতে তাহাদের স্থান পবিবর্তন কবে বলিষা উহাদের আবর্তন-কাল (period) সমান নহে এবং উহাদের পথ ও সমান্তবাল নহে। একটি নক্ষত্রের আবর্তনকাল উহাব আবর্তন-পথের উপর নির্ভব কবে।

যে সমস্ত নক্ষত্র ঠিক পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয় সেই সমস্ত নক্ষত্রের গতি সর্বাধিক এবং যে সমস্ত নক্ষত্র পূর্ব বিন্দু হইতে যতটা উত্তর বা দক্ষিণ দিকে উদয় হয় সেই পরিমাণে তাহাদের গতি কম হইয়া আসে। এইরূপ ঋতুভাবের নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির গতি অত্যন্ত কম। ঋতুভাবা একটি স্থির নক্ষত্র।

২.৫. মহাকাশের স্থিরবিন্দুদ্বয় (Celestial poles)

মহাকাশে দুইটি বিন্দু আছে বাহাদের কোন গতি নাই অর্থাৎ উহারা স্থির বিন্দু। এই বিন্দুদ্বয়ের দিকে পৃথিবীর অক্ষরেখা (axis) মুখ করিয়া আছে। উত্তর গোলার্ধের ঋতু নক্ষত্রটি এই কল্পিত বিন্দু ১° ডিগ্রীর নিকটে অবস্থিত।

২.৬. মহাবিশুব (Celestial equator) : কালবৃত্ত (hour circles)

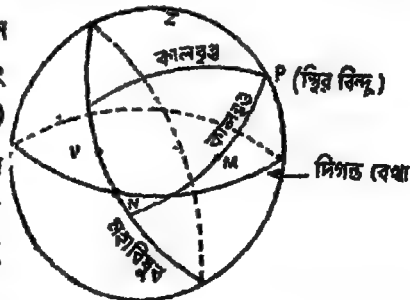
মহাকাশে গোলকের উপরিস্থ স্থির বিন্দু (poles)-দ্বয়ের মাকামারি মহাবৃত্তটিকে (great circle) মহাবিশুব বলে। পৃথিবীর বিষুবরেখা যে তলের উপর অবস্থিত ঐ তলটি বর্ণিত করিয়া মহাকাশের তলকে বে বৃত্তে ছেদ করিতে কল্পনা করা যায় উহাই মহাবিশুব বৃত্ত। বায়তীয় আবর্তন-পথে, মধ্যে ইহাই বৃহত্তম আবর্তন-পথ (diurnal circles)। সূর্য এই বৃত্তের উপর ২১শে মার্চ অথবা ২৩শে সেপ্টেম্বর বিবাজ্য করে। কোন নির্দিষ্ট স্থানে মহাবিশুব বৃত্তের অবস্থান সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে।

কালবৃত্তগুলি (hour circles) স্থির বিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া মহাবিশুবের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে (৩নং চিত্র দেখুন)।

২.৭. রাইট অ্যাসেনশন (Right ascension), এবং বিষুব লম্ব (declination)

সূর্য ২১শে মার্চ বে বিন্দু উপর অবস্থান করে সেই বিন্দুকে ভারমাল একুইনক্স (Vernal Equinox) বলে।

সূর্যের গতিপথে (ecliptic)



৩ নং চিত্র

এবং মহাবিশুব বেধা যে দুই বিন্দুতে ছেদ কৰে উহাদেৰ একটিকে ভাবনাল একুইনক্স্ বুলে। মনে কৰন তনং চিত্ৰে V বিন্দুটি ভাবনাল একুইনক্স্ M যদি একটী নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান হয় এবং PMN কালবৃত্তেৰ অংশ হয় তাহা হইলে V বিন্দু হইতে পূৰ্ব দিকে মহাবিশুবৰ উপৰ VN কৌণিক দূৰত্বকে ৰাইট্ অ্যাসেনশন্ এবং NM কৌণিক দূৰত্বকে M নক্ষত্ৰেৰ বিষুবলয় (declination) বুলে। বিষুবলয় উত্তৰ বা দক্ষিণ দিকে মাপা হয়। এখানে NM হইল নক্ষত্ৰেৰ উত্তৰ বিষুবলয়। ৰাইট্ অ্যাসেনশনেৰ পৰিমাণ 0° হইতে 360° পৰ্যন্ত হয়। কখনও কখনও ৰাইট্ অ্যাসেনশন ডিগ্ৰীৰ পৰিবৰ্তে সময় দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়। ২৪ ঘণ্টাৰ 360° ধৰিষা ডিগ্ৰীকে সময়ে পৰিণত কৰিতে হয়। যেমন, মনে কৰন সিৰিয়াস নক্ষত্ৰেৰ ৰাইট্ অ্যাসেনশন ৬ ঘ ৪৩ মি এবং বিষুবলয় দক্ষিণে $16^\circ 39'$; ইহাৰ অৰ্থ এই যে, ইহা ভাবনাল একুইনক্স্ হইতে পূৰ্বদিকে $100^\circ 86'$ এবং মহাবিশুব হইতে দক্ষিণ দিকে $16^\circ 39'$ দূৰে অবস্থিত। এখানে

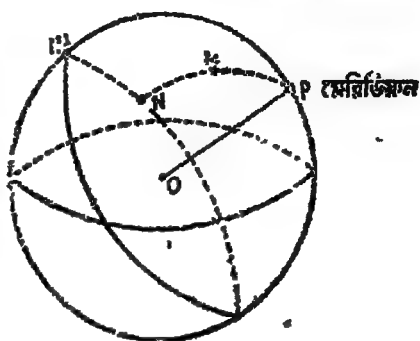
$$\begin{aligned} 1 \text{ ঘণ্টা} &= 15^\circ & 15^\circ &= 1 \text{ ঘণ্টা} \\ 1 \text{ মিনিট} &= 15' & 1^\circ &= 8 \text{ মিনিট} \\ 1 \text{ সেকেণ্ড} &= 15'' & 1' &= 8 \text{ সেকেণ্ড} \end{aligned}$$

২৮ কৌণিক কাল (Hour angle)

একটী নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান অনেক সময় কৌণিককাল এবং নতি দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা যায়। এখানে কোন স্থানেৰ মেৰিডিয়ান-বেধাকে মূল বেধা ধৰিষা লইতে হয়। একটী নক্ষত্ৰ যখন মেৰিডিয়ান-বেধাৰ উপৰেৰ অংশ অতিক্ৰম কৰে, তখন আমবা বলি যে, নক্ষত্ৰটি উচ্চমধ্যাহ্নে আসিষাহে। সেইৰূপ যখন ইহা নীচেৰ অংশ অতিক্ৰম কৰে তখন আমবা বলি যে, নক্ষত্ৰটি নিম্নমধ্যাহ্নে আসিষাহে।

মেৰিডিয়ান হইতে মহাবিশুবৰ উপৰ কোন নক্ষত্ৰেৰ কালবৃত্ত পশ্চিম দিকে যতদূৰ অবস্থিত, তাহাৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰে ঐ নক্ষত্ৰেৰ স্থানীয় কৌণিক কাল (hour angle)। ইহা 0° হইতে 360° পৰ্যন্ত বৃদ্ধি

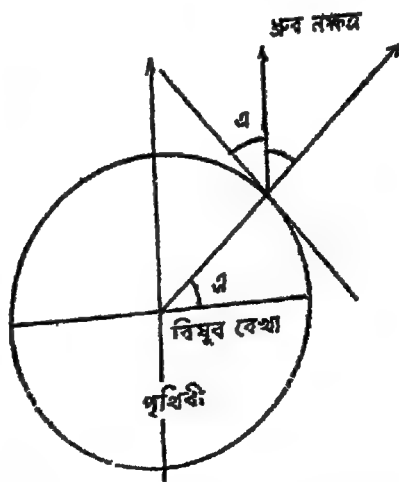
পায (৪নং চিত্র দেখুন)। M একটি নক্ষত্র, PMN ইহাৰ কালবৃত্ত। NN' ইহাৰ কোণিক কাল (hour angle)। কোণিক কাল সাবাদিনে 0° হইতে 360° পর্যন্ত পৰিবৰ্তিত হয়।



৪ নং চিত্র

২.৯. কোন স্থানের অক্ষাংশ (latitude) ঐ স্থানের দ্রাঘদৈর্ঘ্যের উন্নতি (altitude)-এব সমান

ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থানের অক্ষাংশ ঐ স্থানের লম্ব বেষা (vertical line) এবং বিষুবরেখার তলেব মধ্যেকার কোণেব পরিমাণ নির্ণয় কৰে। সুতৰাং ইহা জেনিথেব দিকে অঙ্কিত বেষা এবং মহাবিষুবেব মধ্যেকার কোণেব সমান (৫নং চিত্র দেখুন)।



৫ নং চিত্র

২.১০. মেরুবিন্দুতে নক্ষত্রের আবর্তন-পথগুলি দিগন্তরেখাৰ সমান্তরাল

আমরা যদি সূর্যকে বিন্দু হইতে আকাশের দিকে লক্ষ্য কবি তাহা

হইলে ঐ নক্ষত্ৰটি জেনিথেৰ দিকে দেখা যাইবে এবং মহাবিষুব বেষ্টাটি দিগন্তবেষ্টাৰ সহিত মিলিয়া যাইবে।

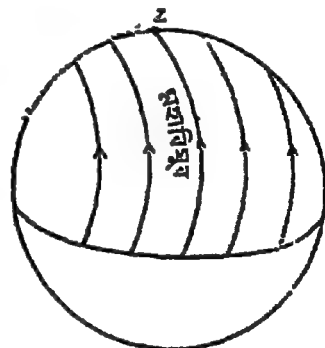
যেহেতু নক্ষত্ৰেৰ আৱৰ্তন-পথ মহা বিষুবেৰ সমান্তৰাল, মহাবিষুব হইতে উত্তৰ দিকেৰ নক্ষত্ৰগুলি কখনই অস্ত যায় না এবং মহাবিষুব হইতে দক্ষিণ দিকেৰ নক্ষত্ৰগুলি কখনই উদয় হয় না (৬ নং চিত্ৰ দেখুন)।



৬ নং চিত্ৰ

২.১১. ভূপৃষ্ঠে বিষুব রেখাৰ অবস্থিত স্থানসমূহে যে-কোন নক্ষত্ৰেৰ আৱৰ্তন-পথ দিগন্তবেষ্টাৰ উপৰ লম্ব

ভূ-পৃষ্ঠে বিষুব রেখাৰ উপৰ যে-কোন স্থানেৰ অক্ষাংশ 0° । ততৰাং ঐ নক্ষত্ৰটি দিগন্তবেষ্টাৰ সহিত মিলিয়া যায় এবং মহাবিষুব বেষ্টা দিগন্তেৰ উপৰ লম্ব হয়। নক্ষত্ৰেৰ আৱৰ্তন-পথ মহাবিষুবেৰ সমান্তৰাল বলিয়া দিগন্তেৰ উপৰ লম্ব হয় এবং প্ৰত্যেকটি নক্ষত্ৰ দিগন্তেৰ উপৰ ১২ ঘণ্টা এবং নীচে ১২ ঘণ্টা বিৰাট কৰে। এখানে দিনবাতি সৰ্বদা সন্ধান (৭নং চিত্ৰ দেখুন)।

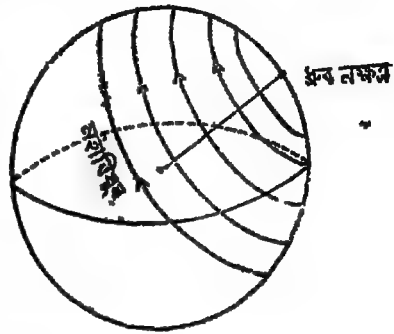


৭ নং চিত্ৰ

২.১২. অক্ষত্ৰ নক্ষত্ৰেৰ আৱৰ্তন-পথ

মেরুস্থ এবং বিষুব রেখাৰ মধ্যবৰ্তী যে-কোন স্থানেৰ অক্ষাংশ 0° এবং 90° মাজমানটি একই মান এবং ঐৰূপ স্থানে স্থৰ তারা—যেটিৰ এবং দিগন্তেৰ মাজমানটি স্থানে বিৰাট কৰে। অতএৱ ঐ স্থানে

মহাবিশুব বেখাব তল দিগন্তেব সহিত নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান কবে। মনে ককন একট স্থানেব অক্ষাংশ 1° ; অতএব ক্রবনক্ষত্র 1° উন্নতিতে এবং মহাবিশুব দিগন্তেব সহিত $90^\circ - 1^\circ$ কোণ উৎপন্ন কবে এবং প্রত্যেকট নক্ষত্রেব আবর্তন-পথ $90^\circ - 1^\circ$ কোণে থাকে (৮ নং চিত্র দেখুন)।



৮ নং চিত্র

এইসব স্থানে শুধু মহাবিশুবের অর্ধাংশ দিগন্তবেখাব উপরে এবং অপর অর্ধাংশ দিগন্তবেখার নীচে অবস্থান কবে। কিন্তু নক্ষত্রের আবর্তন-পথগুলির অর্ধাংশাংশে কম বা বেশী দিগন্তেব উপরে থাকে। মহাবিশুব হইতে উত্তর দিকেব পথগুলিব অর্ধেকাংশেব বেশী দিগন্তেব উপরে থাকে। এমন কি AB পথটি সম্পূর্ণই দিগন্তেব উপরে থাকে। AB এবং তদুপর্যবাবতীৰ পথেব নক্ষত্রগুলি কখনই অস্ত যায় না।

এইরূপে যে স্থানেব অক্ষাংশ 1° , সেই স্থানে ক্রবনক্ষত্র হইতে 1° স্থান পর্যন্ত বিস্তৃত অংশেব নক্ষত্র কখনই অস্ত যায় না। সেইরূপ দক্ষিণ দিকেব স্থিৰ বিষ্ণু (south pole star) হইতে 1° পর্যন্ত বিস্তৃত নক্ষত্রগুলি কখনই উদয় হয় না। ইহাদেব সাক্ষাৎ স্থানসমূহের নক্ষত্রগুলির উদযাস্ত পবিলক্ষিত হয়। আমরা বতই দক্ষিণ দিকে চলিতে থাকিব ততই অন্তহীন নক্ষত্রগুলির (circumpolar stars) সংখ্যা ক্রমিতে থাকিবে এবং পবিশেষে বিষ্ণু অঞ্চলে উহাবা মিলিবা যাইবে। সেইরূপ আমরা উত্তর দিকে চলিতে থাকিলে অন্তহীন তাবকার রাজ্য বন্ধি পাইতে থাকিবে। অবশেষে যখন আমরা উত্তর মেঘতে পৌছিব তখন দেখিব যে, কোন নক্ষত্রই অস্ত যায় না। দক্ষিণ গোলাৰ্ধে একইরূপ অবস্থা পবিলক্ষিত হইবে।

২.১৩. অন্তৰ্হীন নক্ষত্ৰ (Circumpolar Stars)

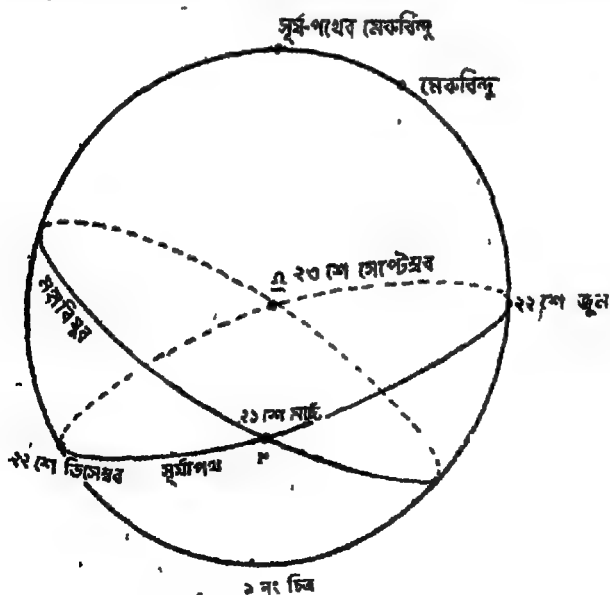
যদি কোন নক্ষত্ৰ কোন স্থানের দিগন্তবেশ্য অপেক্ষা ঐ নক্ষত্ৰের (celestial pole) নিকটে থাকে তাহা হইলে ঐ নক্ষত্ৰেব আবৰ্তন-পথ দিগন্তবেশ্যকে ছেদ কৰে না। সুতবাং ঐ স্থানেব কোন দৰ্শক ঐ নক্ষত্ৰকে অন্তৰ্হীন বাইতে দেখিবেন না। উদাহৰণস্বৰূপ মনে কৰুন, কোন নক্ষত্ৰেব নতি (declination) $+ 68^\circ$ । অতএব ঐ নক্ষত্ৰ হইতে ইহাৰ দূৰত্ব $90^\circ - 68^\circ = 22^\circ$ । সুতবাং যে স্থানের অক্ষাংশ 80° সেই স্থানে নক্ষত্ৰটি কখনই অন্তৰ্হীন বাব না। সূৰ্য ২২শে জুন তাৰিখে $+ 23\frac{1}{2}^\circ$ নতিতে অবস্থান কৰে। অতএব ঐ দিন ঐ নক্ষত্ৰ হইতে সূৰ্যেব দূৰত্ব $66\frac{1}{2}^\circ$ । যে স্থানেব অক্ষাংশ $66\frac{1}{2}^\circ$ বা তদপেক্ষা অধিক সেই সকল স্থানে সূৰ্য অন্তৰ্হীন বাব না। মধ্যৰাত্ৰিৰ সূৰ্য (midnight sun) একটি বিশেষ ঘটনা। ঐ নক্ষত্ৰ হইতে $23\frac{1}{2}^\circ$ দূৰত্বে অঙ্কিত বৃত্তকে আৰ্কটিক বৃত্ত (arctic circle) বলে। মেরুবিন্দু হইতে আৰ্কটিক বৃত্ত পৰ্যন্ত ২২শে জুন মধ্যৰাত্ৰিতে সূৰ্য দেখা যায়। মেরুতে (north pole) ৬ মাস দিন এবং ৬ মাস ৰাতি বিৰাজ কৰে।

২.১৪. সূৰ্যেৰ আপাত কক্ষপথ (Apparent annual path of the sun) রাশিচক্ৰেৰ পশ্চিম গতি (Western advance of the constellations through the year)

যদি আমবা যে-কোন নিদিষ্ট একটি নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান লক্ষ্য কৰি তাহা হইলে আমবা দেখিব যে, ৰাত্ৰিকালে প্ৰত্যেকদিন একই সময়ে নক্ষত্ৰটি একই স্থানে না থাকিবা দৈনিক একটু পশ্চিম দিকে সৰিবা যায়। যেমন, মনে কৰুন অৱিষন (Orion) ৰাশিকে ডিসেম্বৰ মাসেৰ সন্ধ্যাৰ পূৰ্বদিকে উদয় হইতে দেখা যায়, কিন্তু মে মাসেৰ দিকে ৰাশিটি সন্ধ্যাৰ পশ্চিম আকাশে অন্তৰ্হীন বাব।

এইৰূপে দেখা যায় যে প্ৰত্যেক মাসে একটি ৰাশি (constellation) সন্ধ্যাৰ উদয় হয়। আকাশে ইহাদেৰ পশ্চিম গতিৰ কাৰণ এই যে, সূৰ্য আকাশে বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন নক্ষত্ৰপুঞ্জৰ মধ্য বিচৰণ কৰে। ইহা আমাদেব কল্পনা। প্ৰকৃতপক্ষে পৃথিৱী মহাবিশ্বেৰ নিদিষ্ট কক্ষপথে সূৰ্যেৰ

চতুর্দিকে বৎসবে একবার ঘুরিয়া আসে এবং আমরা পৃথিবীর উপর আছি বলিয়া পৃথিবীকে স্থির দেখি এবং সূর্য নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে ক্রমশঃ পূর্ব-দিকে অগ্রসর হইতে থাকে এবং এক বৎসবে আপন স্থানে ফিরিয়া আসে। শুধু তাহাই নহে, সূর্য কক্ষপথে পরিভ্রমণ-কালে দোলকের মত বিবুববেশা হইতে উত্তরে এবং দক্ষিণে গতি পরিবর্তন করে। সূর্যের এই দৃশ্যমান (আপাত) কক্ষপথ মহাবিশুবের সহিত হেলান অবস্থায় আছে। ইহাকে সূর্যের কক্ষপথ বা এক্লিপটিক্ (Ecliptic) বলে। সূর্যের কেন্দ্রে এই কক্ষপথের উপর কল্পনা করিলে, এই কক্ষপথের তল (plane of the Ecliptic) মহাকাশের গোলকের উপর অঙ্কিত মহাবিশুবের তলের সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণ উৎপন্ন করে। সূর্যের অবস্থান অনুসারে এক্লিপটিকের উপর চারিটি বিন্দু বা অবস্থানকে চারিটি নাম দেওয়া হইয়াছে। যে দুইটি বিন্দুতে এক্লিপটিক মহাবিশুবকে ছেদ করে তাহাদিগকে 'ইকুইনক্স' (Equinox) বলে। ইকুইনক্স হইতে 90° দূরে দুই বিন্দুকে "সলিস্টিস" বলে। ২১শে মার্চ সূর্য যে অবস্থানে

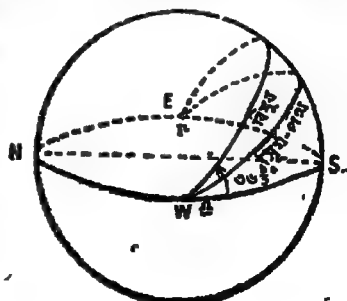


আসে সেই অবস্থান বা এক্লিপ্‌টিকৰ উপন সেই বিন্দুকে “ভাৰ্ণাল ইকুইনক্স” (Vernal Equinox) বলে। ইহাকে অনেক সময় এবিসেব বিন্দু (γ) (First point of Aries) বলে। ২০শে সেপ্টেম্বৰ সূৰ্য্যেৰ যে অবস্থান সেই অবস্থানকে “অটাম্নাল ইকুইনক্স” (Autumnal Equinox) বলে। ইহাকে “লিৱা” বিন্দুও (Ω) বলে। ২২শে জুন সূৰ্য্য বিষুববেথা হইতে উত্তৰে সৰ্বাধিক দূৰত্বে অবস্থান কৰে। এই অবস্থানকে ‘সাম্ৰাৱ সলিস্‌টিন্‌’ (summer solstice) বলে। ঐৰূপ ২২শে ডিচেম্বৰ সূৰ্য্য বিষুববেথা হইতে সৰ্বাধিক দক্ষিণে অবস্থান কৰে। এই অবস্থানকে ‘উইণ্টাৱ সলিস্‌টিন্‌’ (winter solstice) বলে। অবশ্য এই তাৰিখগুলি সম্পূৰ্ণ নিৰ্ভুল নহে। লীপ-ইবাৰেৰ (leap year) জন্ত ইহাদেৰ সামান্য বদবদল প্ৰযোজন।

এক্লিপ্‌টিক এবং মহাবিষুবৰ তলৰেৰ মধ্যবৰ্তী কোণিক বাবধান (obliquity) প্ৰতি ১২৮ বৎসৰে $0^{\circ} 1'$ (মিনিট, ৬০ মিনিট = 1°) কমিবা আসে। ইহাৰ অৰ্থ এই যে, পৃথিৱীৰ মেকবিন্দুৰ দ্বান পৰিবৰ্ত্তন কৰে।

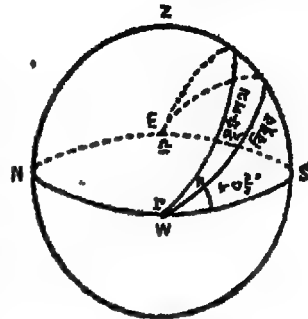
২১৫. সূৰ্যপথ বা এক্লিপ্‌টিক্ এবং দিগন্তবৃত্তেৰ সম্বন্ধ

পৃথিৱীৰ উপৰিহ কোন নিদিষ্ট স্থানে মহাবিষুবৰ সহিত দিগন্ত-বৃত্তেৰ কোণিক বাবধান মোটামুটিভাবে একই থাকে। যেমন মনে ককন $30^{\circ}N$ -এৰ কোন স্থানেৰ দিগন্ত-বলৰ, ঐ স্থানেৰ বিষুব-তলেৰ সহিত 60° কোণিক বাবধানে অবস্থিত। মহাবিষুবৰ সহিত $২৩\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণিক বাবধানে অবস্থিত বলিবা সূৰ্যপথ দিগন্তবৃত্তেৰ সহিত বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম কোণিক বাবধানে আসিবাৰ সমস্ত এবিস বিন্দু (γ) উদয় অথবা অস্ত ৰায (১০ নং চিত্ৰ দেখুন)।



১০ নং চিত্ৰ

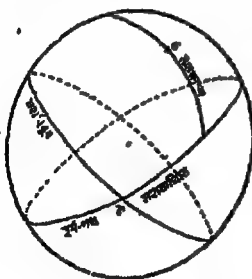
৩০°N সমান্তরাল অক্ষাংশে সূর্য-পথ এবং দিগন্তবৃত্তের কৌণিক ব্যবধান $৬০° - ২০\frac{১}{২}° = ৩৯\frac{১}{২}°$ অথবা $৬০° + ২০\frac{১}{২}° = ৮০\frac{১}{২}°$ । অর্থাৎ ২০শে সেপ্টেম্বরে যখন সূর্য উদয় হয় অথবা অস্ত যায়, তখন কৌণিক ব্যবধান $৩৯\frac{১}{২}°$ । তেমনি ২১শে মার্চ যখন সূর্য অস্ত যায় অথবা উদয় হয় সেই সময় কৌণিক ব্যবধান $৮০\frac{১}{২}°$ (১১ নং চিত্র দেখুন)।



১১ নং চিত্র

২.১৬. সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহের অবস্থান

পূর্বকালে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীরা সূর্য, চন্দ্র এবং উজ্জল গ্রহের অবস্থান লইয়াই বিশেষভাবে আলোচনা করিতেন। তাই জ্যোতিষগুলির সকলেই সূর্যপথের নিকটে অবস্থান করে বলিয়া জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীরা সূর্যপথের সংলগ্ন লইয়া ইহাদের অবস্থান নির্ণয় করিতেন। মহাদ্রাঘিমা (celestial longitude) বলিতে γ বিন্দু হইতে সূর্যপথের উপর জ্যোতিষ হইতে



১২ নং চিত্র

অঙ্কিত মহাবৃত্তের পাদবিন্দু পর্যন্ত কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। মহাঅক্ষাংশ (celestial latitude) বলিতে জ্যোতিষ হইতে সূর্যপথের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশের কৌণিক ব্যবধানকে বুঝায় (১২ নং চিত্র দেখুন)।

২.১৭ রাশিচক্র (Constellations)

নক্ষত্রপুঞ্জ দ্বারা আকাশে নানারূপ চিত্র (pattern) করনা করা হইত। কতকগুলি নক্ষত্র মিলিয়া যে একটি করিত চিত্র গঠন করিত ইহাদিগকে রাশি বা constellation বলা হইত। বর্তমানকালে বাসি

বা constellation বলিতে আকাশের এক একটি অংশের নক্ষত্রপুঞ্জের সমষ্টিকে বুঝায়। কোন একটি নক্ষত্রের স্থান নির্ণয় কবিত্তে ইহাদিগকে ব্যবহার কবিত্তে পাৰা যায়।

২.১৮. নক্ষত্রের নামকরণ এবং উহাদের ঐচ্ছল্যের প্রকারভেদ

কমপক্ষে ৬০টি নক্ষত্রের নাম বহু পুৰাতনকাল হইতেই প্রচলিত হইয়া আসিতেছে। যেমন সিবিয়াস (Sirius), ক্যাপেলা (Capella) প্রভৃতি গ্রীক নাম। ভেগা (Vega), রিগেল (Rigel), আলদিবরণ (Aldebaran) আলগল (Algal), আলটেবাব (Altair), বেতেলযুছ (Betelgeuse) প্রভৃতি আরবী নাম। ঐচ্ছল্যের তাবতম্য অনুসারে নক্ষত্রগুলিকে সংখ্যা দ্বারা বর্ণনা করা হয়। যেমন প্রথম স্তরের নক্ষত্র দ্বিতীয় স্তরের নক্ষত্র অপেক্ষা প্রায় ২½ গুণ বেশী উজ্জল। সিবিয়াস—১৪, ক্যানোপাস—০৭, ভেগা—০, অর্থাৎ ভেগা অপেক্ষা ক্যানোপাস উজ্জলতর এবং সিবিয়াস উচ্চ-ক্যানোপাস অপেক্ষা উজ্জলতর।

২.১৯. উদাহরণ ১। একটি জ্যোতিষ্কের বিষুব লম্ব বা নতি (declination) δ -এর সহিত উহার জেনিথ-দূরত্ব z , এবং স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ -এব সম্বন্ধ নির্ণয় করুন।

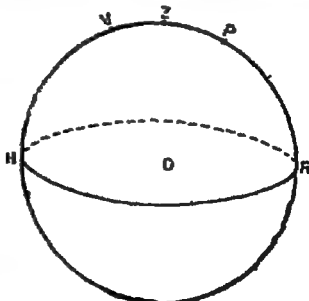
(ক) মনে করুন (১০ নং চিত্র দেখুন) মেবিডিয়ান লাইন অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ-বিন্দুর দক্ষিণ দিকে P বিন্দুটি জ্যোতিষ্কের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। চিত্র হইতে আমরা পাই, $PZ = z$ । কিন্তু Z হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব ϕ এবং জ্যোতিক হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব δ । অতএব,

$$\phi = z + \delta.$$

$$\text{অথবা, } z = \phi - \delta$$

$$\text{অথবা, } \delta = \phi - z$$

(খ) অপবপক্ষে যদি V বিন্দু জ্যোতিষ্কের অবস্থান হয় (জেনিথের উত্তর দিকে মেবিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়) তাহা হইলে V হইতে বিষুবরেখার দূরত্ব δ এবং সমান এবং Z হইতে জ্যোতিষ্কের



১০ নং চিত্র

দূরত্ব Z এবং Z হইতে বিস্তৃত বেণাব দূরত্ব ϕ । অতএব

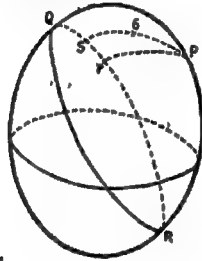
$$\delta = z + \phi$$

$$\text{অথবা, } z = \delta - \phi$$

$$\text{অথবা, } \phi = \delta - z.$$

উদাহরণ, ২। একটি জ্যোতিষের বাইট অ্যাসেনশন ৬ ঘণ্টা ২২ মিনিট এবং একটি স্থানের স্থানীয় সাইডেবিয়াল সময় ৭ ঘণ্টা ৪২ মিনিট হইলে ঐ স্থানে জ্যোতিষটির কৌণিক-কাল নির্ণয় করুন।

১৪ নং চিত্র হইতে জানাযা সহজেই পাই যে, কৌণিক-কাল h , সাইডেবিয়াল সময় t এবং বাইট অ্যাসেনশন α -এব মধ্যো সম্বন্ধটি নিম্নরূপ যথা—



১৪ নং চিত্র

$$t = \alpha + h$$

$$\text{এখানে } t = ৭ \text{ ঘণ্টা } ৪২ \text{ মিনিট}$$

$$\alpha = ৬ \text{ ঘণ্টা } ২২ \text{ মিনিট}$$

অতএব, কৌণিক-কাল

$$h = t - \alpha$$

$$= ৭ \text{ ঘণ্টা } ৪২ \text{ মি.} -$$

$$৬ \text{ ঘণ্টা } ২২ \text{ মিঃ}$$

$$= ২ \text{ ঘণ্টা } ২০ \text{ মিঃ।}$$

উদাহরণ ৩। কোনও স্থানে একটি অন্তরীণ নক্ষত্রের মেডিডিয়ান অভিক্রম কবির্যব সময় উল্ল' ও নিম্ন উন্নতি (altitude) বাক্যক্রমে $৩৭^{\circ} ৮'$ এবং এবং $৮^{\circ} ২'$ হইবা থাকিলে ঐ স্থানের স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন।

১৫ নং চিত্রে মনে করুন D_1 এবং D বিন্দুতে জ্যোতিষটি মেডিডিয়ান অভিক্রম কবিতোছে। অতএব প্রদেব মর্যাদা সাবে, $DR = ৩৭^{\circ} ৮'$ এবং $D_1R = ৮^{\circ} ২'$ । যদি স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ হয় তাহা হইলে, $PR = \phi$ অতএব

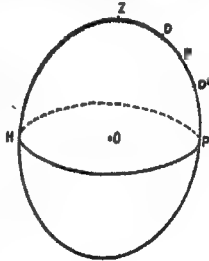
$$\phi = PD_1 + ৮^{\circ} ২'।$$

$$\text{কিন্তু } PD_1 = \frac{1}{2} DD_1 = \frac{1}{2} (৩৭^{\circ} ৮' - ৮^{\circ} ২') = \frac{1}{2} (২৯^{\circ} ৬'),$$

$$\therefore PD_1 = ১৪^{\circ} ৩০'।$$

$$\text{অতরাং } \phi = ১৪^{\circ} ৩০' + ৮^{\circ} ২'।$$

$$= ২২^{\circ} ৩৬' \text{ নির্ণয় স্থানীয় অক্ষাংশ।}$$



১৫ নং চিত্র

তৃতীয় অধ্যায় পৃথিবী (THE EARTH)

আকাশেব অন্ত্রান্ত জ্যোতিককে জানিবাব পূর্বে আমাদের পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বপ্রথম জানা দবকাব, কারণ পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বাপেক্ষা বেশী অনুসন্ধান কবা সম্ভব হইয়াছে।

৩১. আকার, পরিমাণ (Mass) এবং ঘনত্ব (Density)

আকার : আমবা ছোটবেলা হইতেই জানিবা আসিবাছি যে, পৃথিবী একটি গোলকের স্তায়, কিন্তু পূর্ণ গোলক নহে। একটি উপবৃত্ত (Ellipse)-কে উহাব ছোট অক্ষের চাৰিদিকে আবর্তন কবিলে যে আকাৰ ধারণ কবে তাহাকে অবলেট স্ফেরয়েড (Oblate spheroid) বলে। পৃথিবীর আকাৰ কতকটা এইকপ। কমলালেবুৰ মত উত্তর মেরু এবং দক্ষিণ মেরুৰ দিকে কিছুটা চাপা (flat) এবং বিষুব রেখা বরাবর ফাঁপিবা উঠিবাছে। পৃথিবী যদি পূর্ণ গোলক হইত, তাহা হইলে একই দ্রাঘিমা রেখাব উপর ১° ডিগ্রী অক্ষাংশ অতিক্রম কবিলে একই দূরত্ব পাওবা বাইত। যদি একই দ্রাঘিমা রেখাব উপর আমবা চলিতে থাকি তাহা হইলে উত্তর দিকে বাইতে প্রতি ১° অক্ষাংশ অতিক্রম কবিলে প্রবলকত্ব ১° উপবে উঠিবে। নকত্রেব এই উন্নতি মাপিবা আমবা পাই :

বিষুব রেখা হইতে ১° অক্ষাংশ	= ৬৮ ৭ মাইল
২০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	= ৬৮ ৮ মাইল
৪০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	= ৬৯ ০ মাইল
৬০° " ১° " "	= ৬৯ ২ মাইল
৯০° " " " "	= ৬৯ ৪ মাইল।

সাধারণ মাইল = ৫২৮০ ফুট = ১৭৬০ গজ

নটিকাল মাইল = ৬০৮০ ফুট।

বাম দিকের প্লেটের উপর আকর্ষণের পৰিমাণ,

$$G \cdot \frac{M_E M_A}{R^2} + G \frac{M_E M_B}{d^2}$$

ডান দিকের প্লেটের উপর আকর্ষণের পৰিমাণ

$$G \frac{M_E M_A}{R^2} + G \frac{M_E M_C}{R^2}$$

$$\therefore \frac{M_E M_A}{R^2} + \frac{M_A M_B}{d^2} = \frac{M_E M_A}{R^2} + \frac{M_E M_C}{R^2}$$

$$\text{অথবা, } M_E = \frac{R^2}{d^2} \frac{M_A M_B}{M_C}$$

এই সূত্র দুইতে আমরা M_E -এর পৰিমাণ নির্ণয় কৰিতে পাৰি।
আধুনিক কালে অনেক সূক্ষ্ম এবং উন্নত ধৰনের যন্তপাতিৰ সাহায্যে
পশ্চিম জগতের বৈজ্ঞানিকেরা পৃথিবীর পৰিমাণ নিখুঁতভাবে নির্ণয়
কৰিতে সক্ষম হইয়াছেন। এইরূপ সূক্ষ্ম পদ্ধতিৰ সাহায্যে জানা
যায় যে, পৃথিবীর পৰিমাণ ৫৯৮×১০^{২৭} গ্রাম বা ৬.৬×১০^{২১} টন।

ঘনত্ব (density) : একটি গোলকের আয়তন (volume) $= \frac{4}{3} \pi R^3$,
 R =ব্যাসার্ধ। পৃথিবীকে গোলক মনে কৰিয়া ইহার আয়তন $১০৮ \times$
 $১০^{২৭}$ ঘন সেন্টিমিটার পাওয়া যায়। অতএব,

$$\begin{aligned} \text{ঘনত্ব (density)} &= \frac{৫৯৮ \times ১০^{২৭}}{১০৮ \times ১০^{২৭}} \text{ গ্রাম/ঘন সে. মি.} \\ &= ৫.৫ \text{ গ্রাম/ঘন সে. মি} \end{aligned}$$

৩২. পৃথিবীর অভ্যন্তর

(১) অভ্যন্তরের প্রকৃতি : পৃথিবীর ঘনত্বের জ্ঞান হইতে আমরা
ইহার অভ্যন্তরের প্রকৃতি কিছু বৃত্তিতে পাৰি। পৃথিবীর বহির্বাধবণের
ঘনত্ব ২.৭ গ্রাম, কিন্তু ইহার গড় ঘনত্ব ৫.৫ গ্রাম। ইহা হইতে বুঝা
যায় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরের ঘনত্ব অনেক গুণ বেশী। আমরা যতই
নীচের দিকে যাইব ততই পৃথিবীর উপরের স্তবসমূহের চাপ বেশী
লক্ষ্য কৰিব। এইরূপে পৃথিবীর কেন্দ্রে মোট চাপের পৰিমাণ প্রায়

৫০×১০^৯ পাউণ্ড/বর্গ ইঞ্চি। এই চাপেব ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তরেব পদার্থ গবম এবং শক্ত হইয়া গিয়াছে। অতএব কেন্দ্রেব নিকট পদার্থ অতিশয় গবম এবং শক্ত।

(২) ভূ-কম্পন : পৃথিবীর অভ্যন্তরেব অতিবিজ্ঞ চাপ সম্ব সম্ব বহিঃপ্রকাশেব স্বযোগ পায। কোন কোন সমবে কোন ছিন্নপথে যখন এই বহিঃপ্রকাশ ঘটে তখন ভূকম্পনেব চেউ পৃথিবীর উপবিভাগ এবং অভ্যন্তর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই দেউগুলিব গতি, দৈর্ঘ্য প্রভৃতির জ্ঞান হইতে আমবা পৃথিবীর অভ্যন্তরেব কিছু পরিচয় পাই। অনুমান কবা হয় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রতি ১০০ ফুট দূবে তাপ ১° বৃদ্ধি পায।

(৩) পৃথিবীর বস্তু : পৃথিবীর অভ্যন্তর হইতে প্রাপ্ত কতকগুলি সজীব (radio active) ধাতব পদার্থেব বিকিরণ (radiation) লক্ষ্য করিবা। বৈজ্ঞানিকেবা পৃথিবীর বস্তু সহজে আনুমানিক জ্ঞান পাইয়াছেন। আমবা জানি যে, থোরিয়াম এবং ইউবেনিয়াম ধাতব পদার্থগুলি নিম্নত নিজস্ব শক্তি (energy) বিকিরণ করিয়া থাকে এবং অবশেষে সীসা (lead) নামক ধাতব পদার্থে রূপান্তরিত হয়। কি ভাবে এবং কি গতিতে এই বিকিরণ ঘটয়া থাকে তাহা বৈজ্ঞানিকেবা আবিষ্কার করিয়াছেন। খনিতে প্রাপ্ত পদার্থেব মধ্যে সীসা এবং ইউবেনিয়াম বা থোরিয়াম ধাতুেব আনুপাতিক পরিমাণ নির্ণয় করিবা বৈজ্ঞানিকেবা বিকিরণেব সম্ব স্থির করিয়াছেন এবং তাহােব অনুমান কবেন যে, এই বিকিরণেব সম্ব এবং পৃথিবীর বয়স একই। বৈজ্ঞানিকদেব মধ্যে এই সম্ব নির্ণয়েব ব্যাপােব মতভেদ থাকা সত্ত্বেও মোটামুটিভাবে বলা যায় যে, আনুমানিক ২ হইতে ৫ শত কোটি (২-৫ বিলিয়ন) বৎসব পূর্বে পৃথিবীর জন্ম হইয়াছিল।

৩.৩. বায়ুমণ্ডল

আমবা এক বিশাল বায়ুসমুদ্রেব তলদেশে বাস করিতেছি। পৃথিবীর চাৰিদিকে যে বায়ুমণ্ডল পৃথিবীকে বেঠন করিয়া আছে তাহা পৃথিবীর উপরিস্থ সমুদ্রে উপব প্রতি বর্গইঞ্চিতে ১৫ পাউণ্ড চাপ

উৎপন্ন হবে। পৃথিবীর উপরিভাগের ক্ষেত্রফলের উপর এই বায়ু-মণ্ডলের মোট চাপের পরিমাণ ৬×১০^{১৫} টন অর্থাৎ পৃথিবীর ওজনকে প্রায় ১০ লক্ষাংশ।

পৃথিবীর উপবিভাগে কত উষ্ণ এই বায়ুমণ্ডলের বিস্তৃতি তাহা সহজে বলা যায় না। যতই আমরা উপরে উঠিতে থাকিব বায়ু ততই হাল্কা হইয়া আসিবে। পর্বত কবিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রায় ৬০০ মাইল দূর পর্বত বায়ুর অস্তিত্ব বর্তমান। সূর্য হইতে নানাক্রম বস্তু আসিয়া এই বায়ুস্তরে আঘাত করে এবং তাহার ফলে আমরা নানাক্রম বিকিরণের অস্তিত্ব অনুভব করি। এইগুলিকে ‘অবোবা’ (auroras) বলে।

বাসাবনিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের উপাদান নির্ণয় করা যায়। পৃথিবীর সম্মুখভাগে বায়ুতে শতকরা ৭৮ ভাগ নাইট্রোজেন, ২১ ভাগ অক্সিজেন, ১ ভাগে আর্গন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, জলকণা এবং অশ্রুত গ্যাস বিস্তৃত। নাইট্রোজেন এবং আর্গন গ্যাস দুইটি সাধারণতঃ বাসাবনিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না কিন্তু অক্সিজেন ব্যতিবেক জীবনধারণ সম্ভব নহে। প্রত্যেক প্রাণী অক্সিজেনের সাহায্যে শ্বাস হইতে শক্তি (energy) সংগ্রহ করে। ইহা ছাড়া সকল দহনকার্যে অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। আবাব বাবতীর গাছ পাতা বায়ুমণ্ডল হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে (ক্লোরোফিল নামক সবুজ পদার্থ তৈয়ারি করিবার জন্য) এবং অক্সিজেন ত্যাগ করে। এই অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। এইখানে উল্লেখযোগ্য যে, মঙ্গলগ্রহে বা অন্য কোন গ্রহে অক্সিজেনের অস্তিত্ব বন্ধ করা যায় নাই। অতএব আমাদের পক্ষে এই সমস্ত গ্রহে অক্সিজেন ব্যতিরেকে অধিবাসন করা অসম্ভব।

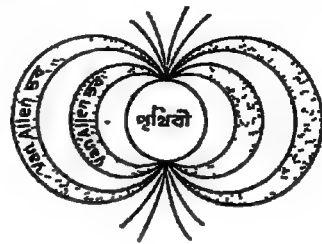
আমরা যতই উপরে উঠিতে থাকিব ততই বায়ু হাল্কা হইয়া আসিবে। প্রকৃতপক্ষে বায়ুমণ্ডলের অর্ধেকাংশ পৃথিবীর উপবিভাগে ৩৫ মাইলের মধ্যে আবদ্ধ হইয়াছে। ইহা মাধ্যাকর্ষণের ফল। বায়ুমণ্ডলের নিম্নাংশে সর্বপ্রকার আবহাওয়ার ভাবন্য ঘটিয়া থাকে। এই অংশকে

ট্রোপোস্ফিয়ার (Troposphere) বলে। ইহা প্রায় ৫ হইতে ১০ মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহার উপরে অর্থাৎ ১০ হইতে ৫০ মাইল পর্যন্ত বিস্তৃতিকে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার (Stratosphere) বলে। এই অঞ্চলের তাপ মোটামুটি একইরূপ থাকে (-২৮°F)। ইহার পর ২৫ হইতে ৪০ মাইল পর্যন্ত তাপমাত্রা কিছুটা বেশী। এই ঈষদোষ তাপমাত্রার কারণ এই যে, উক্ত অঞ্চলে 'ওজোন' (ozone) গ্যাস পাওয়া যায়। ইহার প্রতি 'অণু'তে (molecule) তিনটি 'পরমাণু' (atom) আছে এবং 'ওজোন' গ্যাস 'আলট্রা ভায়লেট' বর্ণি রশ্মি গ্রহণ করিয়া গরম হইয়া উঠে। এইরূপে এই গ্যাসটি সূর্য হইতে আগত ক্ষতিকর বর্ণিটিকে ছু-পৃষ্ঠে আসিতে বাধা দেয়। 'প্রায় ৬০০ মাইলের উপরে' বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা শূন্য পাইয়া এমন অবস্থার সৃষ্টি হয় যে, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের অণুগুলি ভাঙিয়া স্বাধীন পরমাণুর অবস্থায় আসে এবং সূর্যালোক হইতে নিকৃষ্ট নানাপ্রকার 'বর্ণি' এবং বৈদ্যুতিক 'কণা' (particle) সংঘর্ষে আসিয়া 'আয়নে' (ion) পরিণত হয়। এই অঞ্চলকে 'আয়নস্ফিয়ার' (ionosphere) বলে। এই অঞ্চলেই 'অবোবা' পরিলক্ষিত হয়।

৩.৪. পৃথিবী একটি চুম্বক (Earth is a Magnet)

একটি 'বায়-ম্যাগনেট' (Bar-magnet)-এর মত পৃথিবীর চুম্বক শক্তি (magnetic field) আছে। চুম্বকের যেমন উত্তর এবং দক্ষিণ 'পোল' (North & South poles) আছে, পৃথিবীর একপ 'পোল' আছে। চুম্বক হিসাবে ইহার উত্তর 'পোল' ভৌগোলিক 'সুমেরু বিন্দু' হইতে ১২০০ মাইল পশ্চিম দিকে (উত্তর-পূর্ব কানাডায়) অবস্থিত। এই 'পোল'দ্বয়ের অবস্থান পরিবর্তনশীল। চুম্বক হিসাবে ইহার শক্তি নগণ্য (weak field strength)। পৃথিবী কেন চুম্বকের মত ব্যবহার করে তাহা এখনও অজ্ঞাত। হয়ত পৃথিবীর আক্ষিক গতির (Diurnal motion) ফলে ইহার অভ্যন্তরস্থ বৈদ্যুতিকপদার্থগুলি 'কারেন্ট' (current) বা বৈদ্যুতিক 'স্রোতের' সৃষ্টি করে এবং ফলে এই চুম্বকের শক্তি পরিলক্ষিত হয়।

আধুনিককালে আমেরিকা এবং সোভিয়েট বকেটের সাহায্যে পৃথিবীর চুম্বক শক্তির পরিমাপ করা হইয়াছে। এই সমস্ত বকেটে ম্যাগনেটোমিটার (Magnetometer) স্থাপন করা হইয়াছিল। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে বিভিন্ন উচ্চতায় চুম্বক-শক্তির পরিমাণ নির্ধারণ করার দেখা গিয়াছে যে, অধিক উচ্চতায় এই শক্তি অভ্যন্তরীণ দ্রুত গতিতে হ্রাস পাইয়া থাকে এবং একই স্থানে সমস্তের উপর ইহা নির্ভর করে। ১৯৫৮ সালের জানুয়ারী মাসে বকেট 'Explorer-I' এবং সাহায্যে বৈজ্ঞানিক Van Allen



১৭ নং চিত্র

আবিষ্কার করেন যে, বায়ুমণ্ডলে পৃথিবীকে বেষ্টিত করিয়া ২০০০ মাইল এবং ১০,০০০ মাইল উর্ধ্বে দুইটি স্তরের বৈদ্যুতিক কণাগুলি অতিশয় শক্তিসম্পন্ন (high energy) এবং এই কণাগুলি পৃথিবীর চুম্বক-শক্তি দ্বারা প্রভাবান্বিত হইয়া এই দুইটি স্তরে আবদ্ধ হইয়া আছে। এই স্তরগুলিকে 'Van Allen স্তর' বলা হয়। (১৭ নং চিত্র দেখুন)।

৩৫ পৃথিবীর আঁহিক গতি (Rotation of the Earth)

হডিও নিউটন, গ্যালিলিও, কেপলার, কপারনিকাস নানাভাবে প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের (axis) উপর অনবরত ঘুবিতেছে, তবুও ১৮৫০ খ্রীস্টাব্দের পূর্বে পৃথিবীর আবর্তনের সহজ প্রমাণ পাওয়া যায় নাই।

ফুকো (Foucault) এবং তাঁহার দোলক : ১৮৫১ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফুকো, ২০০ ফুট লম্বা একটি তার হইতে ৬০ পাউণ্ড ওজননের একটি দোলক ঝুলাইয়া দিলেন। অতি সাবধানে তিনি দোলকের বলকে একটি স্থায়ী সাহায্যে এক পার্শ্বে লইয়া স্থিত পোড়াইয়া দিলেন। তখন দোলকটি চলিতে আবদ্ধ করিল। দোলকের তলায় বন্ধিত বালির উপর দাগ কাটাবার জন্য বলটের তলায় একটি সূঁচ লাগানো হইয়াছিল

এবং বাহিরের বাতাসেব শ্রোত কোন বাবা স্থল যেন না করিতে পাবে সেইজন্য যথেষ্ট সতর্কতা অবশ্যন করা হইয়াছিল। এই পরীক্ষা দেখা গেল যে, প্রতি দোলনের পরই বালিৰ উপরে অঙ্কিত দাগগুলি বিভিন্ন। ইহাব অর্থ এই যে, যে-তলে দোলকট দুলিতেছিল সেই তলট ক্রমাগত ঘুবিতেছে। পৃথিবীৰ আবর্তন ব্যতিরেকে এই ঘটনা সম্ভব নহে।

পৃথিবীৰ মাধ্যাকর্ষণ ছাড়া অন্য কোন বহিঃশক্তি দ্বাৰা দোলকট প্রভাবান্বিত হইতেছে না। সুতৰাং, যদি পৃথিবী আবর্তন না কৰিত তাহা হইলে যে-তলে দোলকট দুলিতেছে সেই তলট একই অবস্থায় থাকিত এবং দোলকট একইভাবে দুলিতে থাকিত। যেহেতু দোলকটৰ গতি দিক পৰিবৰ্তন কৰে, অতএব পৃথিবী নিশ্চয়ই আবর্তন কৰিতেছে।

ফুকোৰ দোলক লইয়া যদি স্প্রিংফিল্ডে পৰীক্ষা কৰা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, দোলকের তল সাৰা দিন-বাত্ৰিতে সম্পূর্ণভাবে একবার ঘুৰিযা আসিবে। অন্য স্থানে দোলকটৰ তল সেই গতিতে আবর্তন কৰিব, যে গতিতে ঐ স্থানে পৃথিবী আবর্তন কৰিতেছে। আমবা যদি স্প্রিংফিল্ডে উপব হইতে পৃথিবীৰ দিকে তাকাই তাহা হইলে পৃথিবীকে কনোগ্রাফ বেকডে'ৰ মত ঘুবিতে দেখিব। আবার যদি বিষুব বেষ্টাব উপব কোন স্থানে আমবা দোলকট পৰীক্ষা কৰি তাহা হইলে দেখিব যে, ইহাব তল কোন-কপ দিক পৰিবৰ্তন কৰিতেছে না। ইহাব কারণ, বিষুব বেষ্টাব উপব যে-কোন স্থানে উপব হইতে পৃথিবীৰ আবর্তন লক্ষ্য কৰিলে আমবা শুধু ইহাব পূৰ্ব-পশ্চিম দিকের সোজা গতি (Translational motion) দেখিতে পাইব। যে-কোন অক্ষাংশে ফুকোৰ দোলকেৰ পৰিঘট নিয়ন্ত্ৰণে নির্ণয় কৰা যায়।

মনে ককন, পৃথিবীৰ কৌণিকগতি $= \omega$, কৌণিকগতি \equiv angular velocity।

মনে ককন, কোন স্থানেৰ অক্ষাংশ $= \phi$

ঐ অক্ষাংশে কৌণিক গতিৰ (ব্যাসার্ধের দিকে) পৰিমাণ

$$= \omega \sin \phi$$

এই বাসার্বে চতুদিকে একবাব ঘূৰিয। আসিতে দোলকের তলেব

মোট সময় লাগিবে $\frac{360^\circ}{\omega \sin \phi}$

যেহেতু, $\omega = \frac{360}{24 \text{ ঘ. } 56 \text{ মি.}}$

অতএব, ' ϕ '-অক্ষাংশেব কোন স্থানে ফুকোৰ দোলকেব পিৰিড P হইবে।

$$P = \frac{24 \text{ ঘ. } 56 \text{ মি.}}{\sin \phi}$$

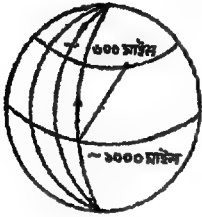
এইখানে মনে বানিতে হইবে যে, পৃথিবীৰ আবৰ্তনেব ফলে দোলকেব অবলম্বন (support) এবং বলটিও ঘূৰিতে থাকিবে। কিন্তু ইহা দোলকেব 'দোলন' (swing)-কে কোনৰূপে বাধা দিবে না।

আমবা এই শেষোক্ত মন্তব্যকে সহজেই পৰীক্ষা দাবা দিব কৰিতে পাৰি। যে কোন একটা ছোট বলেব সহিত সূতা বাঁধিবা আমবা যদি হাত হইতে ঝুলাইবা উহাকে দোলাইতে থাকি এবং সেই সূত সূতাটিকে পাকাইতে (twist) থাকি তাহা হইলে দেখিব যে, অবলম্বিত বলটিও ঘূৰিতেছে, কিন্তু উহাব 'দোলন' অব্যাহত আছে।

৩৬ 'কৰিওলিসেৰ' ফল (Coriolis effect)

ফুকোৰ দোলকেব তলেব আপাত-আবৰ্তন হইতে আমবা পৃথিবীৰ আবৰ্তনেব পৰিচয় পাইবাছি। শুধু দোলক নহে, যে-কোন গতিশীল বস্তুৰ উপৰ পৃথিবীৰ আবৰ্তন প্ৰতিকলিত হয়। এই আবৰ্তনজনিত প্ৰতিকলিত ফলকে আমবা 'কৰিওলিসেৰ' ফল বলি। যে-কোন বস্তুকে উত্তৰ গোলাৰ্ধেব যে-কোন স্থান হইতে ছুঁড়িবা দিলে দেখা যাইবে যে, ইহাব গতি ডান দিকে একটু সৰিবা গিয়াছে। মনে ককল, বিষুব-বেখাৰ কোন স্থান হইতে একটু ঠিককে সোজা উপৰ দিকে ছুঁড়িবা দেওবা হইল (projective)। গতিৰ প্ৰথম মুহূৰ্ত হইতে ঠিকটিব পূৰ্ব দিকে একটু গতি (পৃথিবীৰ আবৰ্তনজনিত) থাকিবে। এই গতিব পৰিমাণ ঘটাব প্ৰায় ১০০০ মাইল। ঠিকটিব উপৰ সৰ্বক্ষণ মাধ্যাকৰ্ষণেব প্ৰভাব

বিরাজ করিতেছে। টিলট উত্তর দিকে চলিবার সময় ইহাব পূর্ব গতি সর্বদাই ১০০০ মাইল/ঘণ্টা স্থির থাকিবে। কিন্তু বিষুব বেষ্টার উত্তরে যে-কোন স্থানের পূর্ব দিককাব গতি ঘণ্টায় ১০০০ মাইল অপেক্ষা কিছু কম। অতএব কল হইবে এই যে, টিলট যখন পৃথিবীতে ফিবিয়া আসিবে



১৮ নং চিত্র
'ক' দ্বিতীয় কল'

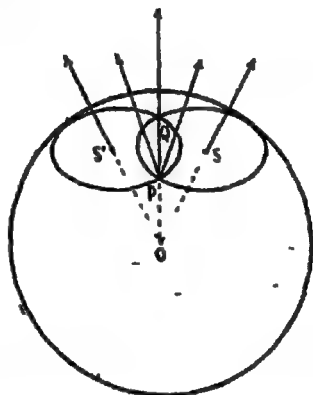
তখন প্রথম স্থান হইতে সোজা উত্তরে না হইয়া, কিছুটা উত্তর-পূর্ব স্থানে আসিয়া পড়িবে। কোন 'মিসাইল' (Missiles) ছুঁড়িবার সময় 'টাবগেট' (লক্ষ্যস্থল) সোজা না ছুঁড়িয়া কিছুটা উত্তর পশ্চিম কোণে ছুঁড়িতে হইবে।

৩.৭ সমুদ্রবক্ষে এবং আকাশে নেভিগেশন (Navigation)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে, বিশেষ করিয়া সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিকেরা তাঁহাদের জাহাজের অবস্থান নির্ণয় কবিত্তে আকাশে নক্ষত্রের অবস্থানাদি সাহায্য লইয়া থাকেন। সূর্য, চন্দ্র, গ্রহ এবং উজ্জল নক্ষত্র কয়েকটির স্থানাঙ্ক কল (Celestial co-ordinates) পূর্ব হইতেই 'নটিক্যাল অ্যালমানাক' (Nautical Almanac) নামক পত্রিকা পকাশিত হয়। সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিক, তিনি কোথায় আছেন তাহা নির্ণয় কবিবার জন্য প্রথমে দুইটি পরিচিত নক্ষত্রের বা জ্যোতিষের উচ্চতা, সেক্সট্যান্ট নামক যন্ত্র সাহায্য স্থির করেন। তাবপূর্ব 'অ্যালমানাক' হইতে ঐ সময়ে (গ্রীনউইচ সময়) উহাদের স্থানাঙ্কের বর্ণনা গ্রহণ করেন। প্রত্যেক জাহাজে বা এরোলপেনে Chronometer-এব সাহায্য গ্রীনউইচের সময় নির্ণয় করা হয়। এখন যে-কোন একটি উজ্জল জ্যোতিষের দিকে লক্ষ্য করুন ঐ মুহূর্তে ঐ জ্যোতিষটি পৃথিবীর কোন্ স্থানের জেনিথে বিবাজ কবিত্তে তাহা নির্ণয় করা যায়। পরপৃষ্ঠায় ১৯নং চিত্রে মনে করুন P বিশিষ্ট নাবিকের অবস্থান (ভূ-পৃষ্ঠে) এবং যে-কোন দুইটি পরিচিত জ্যোতিষ ভূ-পৃষ্ঠে S এবং S' স্থানের জেনিথে অবস্থিত আছে। জ্যোতিষগুলি বহুদূরে

আকাশ পৃথিবীর সর্বত্র উহাদের আলো সমান্তরালভাবে পতিত হইবে। এখন নাবিকের জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের মধ্যে যে-কৌণিক ব্যবধান, উহা পৃথিবীর কেন্দ্র O হইতে P পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধ এবং O হইতে S পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধের মধ্যে কৌণিক ব্যবধানের সমান হইবে। মনে করুন P বিন্দুতে জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের কৌণিক ব্যবধান α অর্থাৎ OP এবং OS -এর কৌণিক ব্যবধান α এবং সেইকপ OP এবং OS' এর কৌণিক ব্যবধান β S এবং S' বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া যথাক্রমে α এবং β ব্যাসার্ধ লইয়া দু-গুণে দুইটি বৃত্ত অঙ্কিত করিলে উহা বা P বিন্দুর মধ্য দিয়া যাইবে।

সাধারণতঃ বৃত্ত দুইটি অপর একটি বিন্দুতে Q তে ছেদ করিবে। P এবং Q বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে কোন স্থানে নাবিকের অবস্থান তাহা সহজেই অনুমান করা যায়। এমন হইতে পারে যে, Q বিন্দুটি অন্য কোন সমুদ্রে অবস্থিত।



১৯ নং চিত্র

৩৮. পৃথিবীর বার্ষিক গতি (Revolution of the Earth)

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলে সূর্যকে আমরা আকাশে অগ্রাশ্রয় নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে বিচরণ করিতে দেখি। সূর্যের এই ক্রমশঃ পূর্ব-গতি যে-পথের উপর দিয়া ঘটিয়া থাকে সেই পথকে আমরা এলিপটিক বা কক্ষপথ বলি। সূর্যের এই আপাত গতি প্রকৃতপক্ষে যে পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলেই সংঘটিত হয় তাহা আমরা নিম্ন উপায়ে প্রমাণ করিতে পারি।

পৃথিবীর বার্ষিক গতির প্রমাণ : প্রথমতঃ আমরা যদি নিউটনের নিয়ম মানিয়া লই তাহা হইলে সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, পৃথিবী

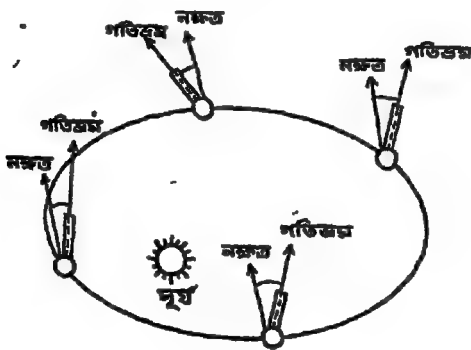
সূর্যের চতুর্দিকে ঘুরিতেছে। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, সূর্য পৃথিবী অপেক্ষা ৩৩৩,০০০ গুণ বেশী ভারী। অতএব পৃথিবী এবং সূর্যের ভবকেন্দ্র (Center of mass), সূর্য কেন্দ্র হইতে $\frac{1}{333000} \times$ (সূর্য-পৃথিবী দূরত্ব) অপেক্ষাও কম। অতএব এই ভবকেন্দ্রটি সূর্যের মধ্যেই অবস্থিত। সুতরাং সূর্যের পক্ষে পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিয়া আসা সম্ভব নহে।

দ্বিতীয়তঃ, পৃথিবী হইতে নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির ‘প্যারালাক্স’ (Parallax) লক্ষ্য করা যায়। একই স্থানে বিভিন্ন সময়ে আমরা কোন নক্ষত্রের দিকে লক্ষ্য রাখিলে আমরা নক্ষত্রের দিক (direction)-এবং পরিবর্তন লক্ষ্য করি। পৃথিবী আপন স্থান পরিবর্তন করে বলিয়াই এই ‘প্যারালাক্স’ লক্ষ্য করা সম্ভব হয়। ঊনবিংশ শতাব্দীতে Bessel সর্বপ্রথম ৬১ ‘সিগ্ন’ (Cygni) নামক নক্ষত্রের ‘প্যারালাক্স’ আবিষ্কার করেন।

তৃতীয়তঃ, নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে যে আলো আসে আমরা সেই আলোর ‘গতিভ্রম’ (aberration) লক্ষ্য করি। মনে করুন এক ব্যক্তি একটি নল (পাইপ) সোজা করিয়া ধরিয়া ঝড়ের মধ্যে হাঁটিয়া বাইতেছে। যদি ঝড় সোজাভাবে পড়িতে থাকে এবং নলটিকে খাড়া করিয়া ধরা হয় তাহা হইলে ঝড় নলের দৈর্ঘ্য বহিরা পড়িতে থাকিবে তখনই যখন ব্যক্তিটি ছুপ করিয়া দাঁড়াইয়া থাকে। কিন্তু যদি ব্যক্তিটি হাঁটিতে থাকে তাহা হইলে নলটিকে সামনের দিকে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে যেন ঝড় নলটির দৈর্ঘ্য বহিরা নীচে নামিতে পারে।

সেইরূপ পৃথিবীর বার্ষিক গতিব গুরু, যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলোকে টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্য বহিরা আসিতে হয় তাহা হইলে টেলিস্কোপটিকে পৃথিবীর গতিমুখে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে। ১৭২৭ খ্রিস্টাব্দে Bradley সর্বপ্রথম নক্ষত্রের এই ‘গতিভ্রম’ (aberration) আবিষ্কার করেন। যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিক হইতে লম্বভাবে চলিতে থাকে তখন এই গতিভ্রমের পরিমাণ সর্বোচ্চে অধিক এবং যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিকে অথবা নক্ষত্র হইতে বিপরীত দিকে চলিতে থাকে তখন কোনই ‘গতিভ্রম’ দেখা যায় না। ‘এক্সপ্লিকিটকেব’ সমতলে যে

নক্ষত্র দেখা যায় সেই নক্ষত্রকে সমতলে সামনে কিংবা পিছনে সবলরেখায় স্থান পরিবর্তন করিতে দেখা যায়; কারণ বৎসরের কোন সময়ে পৃথিবী ইহাব দিকে এবং অপর সময়ে ইহার বিপরীত দিকে প্রমাণ করে। যে নক্ষত্র এক্সপ্লিকটিকে উপর লম্বভাবে বিস্তৃত, সেই নক্ষত্রকে একটি বৃত্তাকারে চলিতে দেখা যায়। এই দুইটি অবস্থা ব্যতীত অন্য অবস্থানের নক্ষত্রগুলি উপবৃত্তাকারে (Ellipse) চলিতে দেখা যাইবে (২০ নং চিত্র দেখুন)।



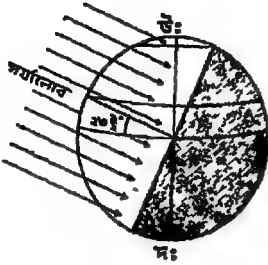
২০ নং চিত্র

নক্ষত্রের জ্যামিতিক দিক (প্রকৃত দিক) এবং যে-দিকে টেলিস্কোপকে ধরিতে হইবে এই দুইটি দিকের কৌণিক ব্যবধানের পরিমাণ নক্ষত্রের গতিপ্রমাণ নির্দিষ্ট করে।

৩৯ 'ঋতু' (The Season)

সূর্যের চতুর্দিকে একটি উপবৃত্তাকারে পৃথিবী ঘুরিতেছে। ফলে পৃথিবী-হইতে সূর্যের দৃষ্টি সব সময় একইরূপ থাকে না। কিন্তু এই জগৎই যে পৃথিবীর একই স্থানে 'ঋতু' পরিবর্তন হয় তাহা নহে। 'ঋতু' পরিবর্তনের প্রধান কারণ এই যে, পৃথিবীর বিষুব রেখার তল এবং পৃথিবীর কক্ষপথের তলের কৌণিক ব্যবধান- $23\frac{1}{2}^{\circ}$ । ইহাব ফলে পৃথিবীর উত্তর গোলাধ্বজুন মাসে সূর্যের দিকে এবং ডিসেম্বর মাসে সূর্যের বিপরীত দিকে হেলিয়া থাকে। ২২শে জুন (Summer

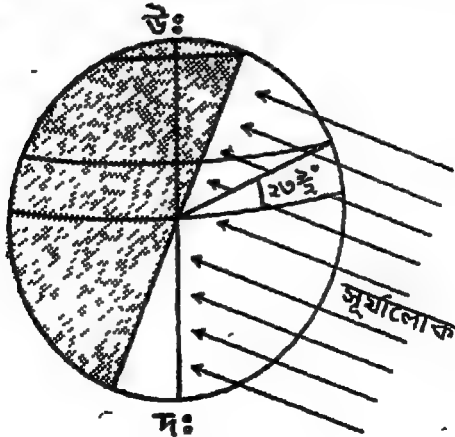
solstice) সূর্য বিষুবরেখা হইতে $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ উত্তরে উদয় হয় এবং এই অক্ষাংশের সকল স্থানের জেনিথে থাকে। এই দিন সূর্যালোক সূর্য-বিন্দুর উত্তর পার্শ্বে আলোকিত করে (২১ নং চিত্র দেখুন)।



২১ নং চিত্র

প্রকৃতপক্ষে সূর্যবিন্দুর উত্তর পার্শ্বে $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ স্থান পর্যন্ত অর্থাৎ $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ অক্ষাংশ অপেক্ষা অধিক অক্ষাংশের স্থানসমূহ ২২শে জুন তারিখে ২৪ ঘণ্টা সূর্যালোক পাইয়া থাকে। $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহ পর্যন্ত ঐদিন সূর্য অস্ত হাইবে না (মধ্য রাত্রির সূর্য), $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ ডিগ্রী অপেক্ষা বৃহত্তর অক্ষাংশের স্থানসমূহ

আর্কটিক বৃত্তের অন্তর্গত। অপরপক্ষে সূর্যবসি অত্যন্ত তির্যকভাবে (obliquely) দক্ষিণ গোলার্শে পতিত হয়। এমন কি $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণ অক্ষাংশ হইতে ক্রমেক পর্যন্ত অংশ ঐ দিন সূর্যালোক হইতে বঞ্চিত হয়। আবার ৬ মাস পবে অবস্থা সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হইয়া যায়। ২২শে ডিসেম্বর তারিখে (winter solstice) সূর্য $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণ



২২ নং চিত্র

অক্ষাংশের স্থানসমূহে উপব খাড়াভাবে কিরণ দেয় এবং ঐ দিন উত্তর গোলাৰ্ধে সন্মেক হইতে $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ স্থান পর্যন্ত সূর্যালোক দেখা যায় না (২২ নং চিত্র দেখুন)। এই সময় দক্ষিণ গোলাৰ্ধে গ্রীষ্মকাল এবং উত্তর গোলাৰ্ধে শীতকাল থাকে।

আবার, ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য মহাবিশুবরেখা উপব আসে এবং ঐ দুইদিন পৃথিবীর সর্বত্র ১২ ঘণ্টা দিন এবং ১২ ঘণ্টা রাত্রি ঘটিয়া থাকে। যে দুইটি বিন্দুতে সূর্য মহাকাশ বা মহাগোলকে উপব দেখা যায় এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে 'ভাবনাল একুইনক্স' বা 'বসন্ত-কালীন সমবাত্তি' এবং 'অটামনাল একুইনক্স' (শাবদীপ সমবাত্তি) বলে।

২০ নং চিত্রে কোনও এক স্থানের আকাশে সূর্যের উদযাস্ত দেখানো হইয়াছে। বসন্তকালে এবং গ্রীষ্মকালে সূর্য বিষুবরেখা উপব অবস্থান করে এবং ১২ ঘণ্টাব অধিক সময় আকাশে দেখা যায়। এবং এই সময় সূর্যের উন্নতি অধিকতর (high altitude) হওয়ায় সূর্যকিরণ সোজাভাবে এই সময় স্থানের ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং ইহা উপপাণ্ড অধিক হইয়া থাকে। কিন্তু শীতকাল এবং শবৎকালে সূর্যের উন্নতি অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় সূর্যকিরণ তির্যকভাবে পতিত হয় এবং ভূ-পৃষ্ঠে অপেক্ষাকৃত কম উত্তপ্ত হইয়া থাকে।



বিভিন্ন অক্ষাংশে ঋতুর রূপ : বিষুবরেখা উপব স্থানসমূহে সকল ঋতুই প্রায় সমান। প্রত্যহ সূর্য ১২ ঘণ্টা আকাশে দেখা যায়। অর্থাৎ দিবা-রাত্রি সর্বদাই সমান। ২২শে জুন সূর্য জেনিথ অপেক্ষা $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ উর্থে আকাশে মেবিডিয়ান অতিক্রম করে এবং ২২শে ডিসেম্বর জেনিথ অপেক্ষা $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণে মেবিডিয়ান অতিক্রম করে।

বিষুবরেখা হইতে বতই উত্তরে বা দক্ষিণে যাওয়া যায় ততই ঋতু পরিবর্তন বিশেষভাবে লক্ষ্য করা যায়। কর্কটক্রান্তিতে (tropic of cancer) ২২শে জুন তারিখে সূর্য বিপ্রহবে জেনিথে দেখা যায় এবং ২২শে ডিসেম্বর তারিখে জেনিথের ৪৭° উত্তর দক্ষিণে মেবিডিয়ান অতিক্রম করে। আর্কটিক

যতে গ্রীষ্মের প্রথম দিনে সূর্য অস্ত যাব না, কিন্তু মধ্যরাত্রিতে উত্তর বিষ্মুতে স্পর্শ করিয়া যাব। ২২শে ডিসেম্বর সূর্যোদয় হয় না কিন্তু বিপ্রহবে দক্ষিণ বিষ্মুকে স্পর্শ করিয়া যাব। কর্কটক্রান্তি হইতে আর্কটিক বৃত্ত পর্যন্ত স্থানসমূহে ($২৫\frac{১}{২}^{\circ}$ — $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$) দিবা-রাত্রির দৈর্ঘ্যের উপবোধ সীমাবদ্ধ মধ্য পবিতর্জন ঘটিয়া থাকে।

আমরা জানি যে, সন্মেক্ষ বিষ্মুতে বিষুবরেখার উত্তরের বাবতীয় গ্রহ-নক্ষত্রাদি সর্বদাই দিগন্তরেখার উপর দেখা যাব এবং উহায়া বৃত্তাকারে দিগন্ত রেখার (=বিষুবরেখা) সমান্তরালে ঘূর্ণিতে থাকে। ২১শে মার্চ হইতে ২৩শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত সূর্য বিষুবরেখার উত্তরে উদয় হয়। অতএব এই ৬ মাস কাল সন্মেক্ষতে ববাবব দিন হইতে থাকিবে। ২২শে জুন সূর্যের উন্নতি $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ । ২১শে মার্চ সর্বপ্রথম সূর্যোদয় হয়। ঐ দিন সূর্য দিগন্ত-রেখার উপর থাকে। তাবপর দিন দিন উপরে উঠিতে উঠিতে ২২শে জুনে সর্বাপেক্ষা অধিক উন্নতিতে আসে। আবাব ২২শে জুনের পর ক্রমশঃ ইহাব উন্নতি কম পাইয়া ২৩শে সেপ্টেম্বর পুনরায় দিগন্ত-রেখায় ফিবিয়া আসে। ইহাব পর আব ৬ মাস সূর্যোদয় হয় না। উত্তর গোলার্ধের কোনও স্থানে গৃহ নির্মাণ কবিবাব সময় গৃহের সম্মুখভাগ দক্ষিণ দিকে রাখিবার সুবিধা এই যে, বৎসবৎ-অধিকাংশ সময় সূর্য দক্ষিণ দিকে হেলিয়া উঠে।

গোধূলী (Twilight) : আমরা জানি যে, সূর্যাস্তের সঙ্গে সঙ্গেই আকাশ অন্ধকার হয় না। দৃশ্যতঃ সূর্যাস্তের পরও বায়ুমণ্ডলের উপবিভাগ সূর্যবন্নিিকে কিছুক্ষণ ধবিয়া ব্যাধিতে সক্রম হয় এবং আকাশ আলোকিত কবে। বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত গ্যাস ষতটুকু ঘনীভূত হইয়া আছে তাহাব ফলে সূর্য প্রায় ১৮° ডিগ্রী দিগন্তের নীচে ষাওবা পর্যন্ত সূর্যবন্নি বিকিরণ হইতে সক্ষম হয়। বিষুবরেখার অবস্থিত স্থানসমূহে সূর্য সোজাভাবে উদয় হয় এবং অস্ত যাব। ফলে এই সময় স্থানে গোধূলিব (twilight) সময় প্রায় ১ ঘণ্টাকাল বিস্তরমান থাকে। কিন্তু উত্তর এবং দক্ষিণ অক্ষাংশের স্থানসমূহে সূর্য উদয়ান্তের সময় কিছুটা হেলিয়া

থাকে। ইহাব ফলে দিগন্তেব নীচে ১৮° পৰিমাণ অন্ত হাইতে সূৰ্যেব বেশী সময় দৰকাৰ হয় এবং সেইজন্য গোখুলিব সময় বৃদ্ধি পায়। উক্তব মেকতে শীতকালে সূৰ্যোদয়েব পূৰ্বে এবং সূৰ্যাস্তেৰ পৰে প্ৰায় ৬ সপ্তাহ গোখুলিব আধো আলো আধো ছায়া দেখা যায়।

৩.১০. পৃথিবীৰ নানা গতি

পৃথিবীৰ আৱিক গতি এবং বাৰ্ষিক গতি ছাড়াও অষ্টাশ্ৰ গতি পৰিলক্ষিত হয়। নিম্নে আমৰা পৃথিবীৰ বিভিন্ন গতিব উল্লেখ কৰিতেছি। পৰে আমৰা এই সমস্ত গতিব বিশদ বৰ্ণনা দিব।

- ১। পৃথিবীৰ আৱিক গতি আছে।
- ২। পৃথিবীৰ অক্ষবেখা (axis) অতিশয় ধীৰে দিক পৰিবৰ্তন কৰে।
- ৩। পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতি আছে।
- ৪। পৃথিবীৰ উপৱিহ কোনও স্থানেব অক্ষাংশেব বহু বৎসৰে কিঞ্চিৎ পৰিবৰ্তন হয়।
- ৫। চন্দ্ৰেব কক্ষপথ পৃথিবীৰ কক্ষপথেব সন্দেশে আংশিক কোণে হেলিবা আছে বলিবা পৃথিবীৰ অক্ষবেখাব কিছু দিক পৰিবৰ্তন ঘটে।
- ৬। পৃথিবী সৌৰ জগতেব সন্দেশে নিকটবৰ্তী নক্ষত্ৰেব তুলনাৰ স্থান পৰিবৰ্তন কৰে।

এইকপ নানা প্ৰকাৰ গতিব কলে মানুহেব মনে স্বভাবতঃই প্ৰশ্ন জাগে কি উপায়ে পৃথিবীৰ প্ৰকৃত গতি নিৰ্ণয় কৰা সম্ভব। Michel-son এবং Morley নামক দুইজন বৈজ্ঞানিক পৃথিবীৰ এই গতি নিৰ্ণয় কৰিতে বাইখা অক্ষম হন এবং ইহাব ফলে Einstein-এব আপেক্ষিক তত্ত্বেব আবিৰ্ভাব হয়। এই আপেক্ষিক তত্ত্বেব মূল বিষয় এই যে, কোনও পদাৰ্থেব প্ৰকৃত গতি নিৰ্ণয় সম্ভব নহে।

চতুর্থ অধ্যায়
সময় এবং পঞ্জিকা
(Time and Calendar)

অতি পুরাতন কাল হইতেই মানুষ জ্যোতিষ-বিজ্ঞান সাহায্যে সময় এবং পঞ্জিকার ব্যবহার করিয়া আসিতেছে।

৪.১. সময় গণনা

পৃথিবীর আবর্তনের উপর নির্ভর কবিয়া সময় গণনা করা হয়। যখন পৃথিবী আপন মেসদণ্ডের উপর ঘূর্ণিতে থাকে তখন কোনও নির্দিষ্ট স্থানের আকাশে কোনও বিশিষ্ট নক্ষত্র (এখানে সূর্য) মধ্যাহ্ন বেলা বা মেৰিডিয়ান পৰ পৰ অতিক্রম কৰিতে যে সময় দৰকার হয় সেই সময়কে আমরা দিন (day) বলি। প্রতি দিনকে আমরা ২৪ ভাগে ভাগ করিয়া থাকি এবং প্রত্যেক ভাগকে একটি ঘণ্টা বলি।

(ক) কৌণিক কাল (Hour Angle)

একটি নির্দিষ্ট নক্ষত্র যখন মেৰিডিয়ান অতিক্রম করে তখন হইতেই সময় গণনা করা হয় এবং কোন নির্দিষ্ট সময়ে নক্ষত্রটির কৌণিক কাল (Hour angle)-এর পরিমাপই মধ্যাহ্ন হইতে সময় নির্ধারণ করেন। মনে করুন 'রিগেল' নক্ষত্র যখন মেৰিডিয়ান অতিক্রম করে সেই মুহূর্তে ০ ঘ. ০ মি. ০ সে. ধরা হইল। মনে করুন এই সময়ের নাম 'রিগেল সময়'। ১২ ঘণ্টা অতিক্রম কবিবার পৰ বিগেলের কৌণিক কাল 180° পশ্চিম হইবে এবং তখন সময় ১২ ঘ. ০ মি. ০ সে.। যখন রিগেল মেৰিডিয়ান হইতে মাত্র 1 ডিগ্রী পূর্ব দিকে অর্থাৎ 059° ইহাও কৌণিক কাল তখন বিগেল সময় ২০ ঘ. ৫৬ মি. ০ সে.। কৌণিক কালের সহিত সময়ের সম্বন্ধ দেখাইবার জন্য 060° ডিগ্রীকে ২৪ ঘণ্টা সময়ের সহিত সমান ধরিয়া প্রতি 1° ডিগ্রীতে ৪ মিনিট সময় গণনা করা হয় এবং কৌণিক কালকে এইরূপে সময়ের এককে প্রকাশ করা হয়।

একটু ঘূৰিষা আসিতে হইবে যেন সূৰ্য আবার মেরিডিয়ানে আসে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একটি সৌর দিনেৰ পরিমাণ সাইডেৰিয়াল দিনেৰ পরিমাণ অপেক্ষা একটু বেশী। এক সৌৰবৎসবে ৩৬৫ দিন আছে এবং এই ৩৬৫ দিনে পৃথিবী ৩৬০° ডিগ্রী ঘূৰিষা আসে। অতএব প্রতিদিন পৃথিবী সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে প্ৰায় 1° ডিগ্রী পরিমাণ আপন কক্ষপথেৰ উপরে সরিষা যায়। চিত্ৰে $\angle ASB = 1^\circ$ ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। এই 1° ডিগ্রী পরিমাণ বেশী ঘূৰিষা আসিতে পৃথিবীৰ যে সময় অতিবাহিত হইবে সেই সময়টুকুই সাইডেৰিয়াল এবং সৌৰ দিনেৰ মধ্যে ব্যবধান হইবে। সৌৰ দিনেৰ হিসাবে এক সাইডেৰিয়াল দিনেৰ পরিমাণ ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট ৪.০৯১ সেকেণ্ড।

(গ) সাইডেৰিয়াল সময়

সাইডেৰিয়াল দিনেৰ উপৰ ডিগ্ৰি কৰিষা সাইডেৰিয়াল দিনকে ঘণ্টা-মিনিট ও সেকেণ্ড বিভক্ত কৰা হয়। যখন ‘ভাবনাল ইকুইনক্স, মেৰিডিয়ানে আসে তখন সাইডেৰিয়াল সময় ০ ঘ. ০ মি ০ সে.।

সাইডেৰিয়াল সময় জ্যোতিষ্কবিজ্ঞা এবং নৌবিজ্ঞান যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। মহাগোলকেৰ কোনও জ্যোতিষ্কেৰ স্থানাঙ্ক (Co-ordinates) বাইট অ্যাসেন্শন্ এবং নতি (declination)-এৰ সাহায্যে স্থিৰ কৰা হয়। যেহেতু রাইট অ্যাসেন্শনেৰ মূলবিন্দুকে ‘ভাবনাল ইকুইনক্স’ গ্ৰহণ কৰা হয় (পৃথিবীৰ উপৰিস্থ দ্ৰাঘিমাৰ মূল গ্রীনউইচেৰ জ্যাব), অতএব বাইট অ্যাসেন্শন্ সাইডেৰিয়াল সময়েৰ মান নির্ণয় কৰে। প্ৰত্যেক অভিজাবভেটৰীতে (observatory) সাইডেৰিয়াল সময় নির্ণয়েৰ এক্ষণ্ড যতি বাখা হয়।

বাহা হউক, দৈনন্দিন জীৱনে আমবা সূৰ্যেৰ উদযাত্ত ঘাৰা সময় নির্ণয় কৰি। অতএব বাস্তব ক্ষেত্ৰে সৌৰ দিনেৰ সাহায্যে সময় নির্ণয় বেশী প্ৰযোজন বিধায় সাইডেৰিয়াল সময়ের মূল্য সাধাৰণ জীৱনে অতি সামান্য।

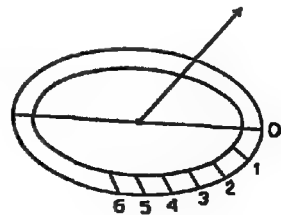
(চ) আপাত সোলাৰ সময় (সৌৰ সময়)

সাইডেৰিয়াল সময় যেমন ‘ভাবনাল ইকুইনক্সেৰ’ কৌণিক কাল প্ৰকাশ কৰে, তেমনি সোলাৰ সময় সূৰ্যেৰ কৌণিক কাল নির্ণয় কৰে। এই আপাত

মধ্যাহ্নে সময় সূর্য আমাদের মাথার উপরে মেৰিডিয়ান বেখার উপর আসে। গণনার সুবিধার জন্য মধ্যাহ্নিতে ০ ঘ. ০ মি. ০ সে. ধরা হয়। সুতরাং মধ্যাহ্নে আপাত সোলাৰ সময় ১২ ঘ. ০ মি. ০ সে. মধ্যাহ্নে পূর্ব পর্যন্ত সময়কে আমবা A. M. (ante meridian বা before meridian) বলি। মধ্যাহ্নে পৰ হইতে আমবা P. M. (post meridian বা past meridian) বলি। কোনও কোনও ক্ষেত্রে মধ্যাহ্নি হইতে গণনা শুরু কবিয়া ২৪ ঘণ্টা পর্যন্ত গণনা করা হয়। যেমন ২০ ঘ. ০৮ মি., এর অর্থ ৮ ঘ. ০৮ মি. p m

আমবা জানি যে ২০শে সেপ্টেম্বর সূর্য 'ভাবনাল ইকুইনক্স' হইতে মধ্য পথে অটোম্যনাল ইকুইনক্সের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। ঐ দিন মধ্যাহ্নিতে যখন সোলাৰ সময় ০ ঘ. ০ মি. ০ সে. তখন 'ভাবনাল ইকুইনক্স' মেৰিডিয়ানে অবস্থান করে। ঐদিন হইতে আবন্ত করিয়া দৈনিক সাইডে-রিয়াল সময় সোলাৰ সময়ের অপেক্ষা ০ মি. ৫৬সে কবিত্তা বাড়িতে থাকে এবং এই দুই প্রকার সময়ের ব্যবধান পূর্ণ এক বৎসরে ২৪ ঘণ্টা হইয়া অবশেষে আদি স্থানে ফিবিয়া আসে। আপাত সোলাৰ সময় সূর্যের কৌণিক কালের সহিত ১২ ঘণ্টা যোগ কবিয়া পাণ্ডা ঘাঘ এবং সূর্য-ডাষাল (sun dial) এই সময় নির্দেশ করে। সূর্য-ডাষালে একটি কাঠি (gnomon) পৃথিবীর অক্ষবেখার (axis of the earth) সমান্তরাল কবিয়া রাখা হয়। নীচে ভূ-পৃষ্ঠে একটি বৃত্তের উপর ঐ কাঠির ছায়া দাৰ্য্য সূর্যের কৌণিক কাল নির্ণয় করা হয়। বহুদিন দাবৎ মানুষ এই সূর্য-ডাষালের সহায়তায় সময় স্থির কবিত (২নং চিত্র দেখুন)।

চন্দ্রমান বা আপাত সোলাৰ সময়ের দৈর্ঘ্য বৎসরের সব সময় স্থির থাকে না। আমবা জানি যে সূর্য পৃথিবীর তুলনায় দৈনিক প্রায় ১ ডিগ্রী কবিয়া পূর্ব দিকে সবিয়া যাইতেছে। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিষ্ক মণ্ডলীর মধ্যে সূর্যের এই গতি সর্বত্র

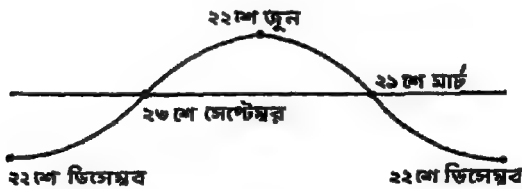
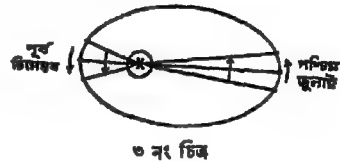


২ নং চিত্র

একরূপ (uniform) নহে, বরং কখনও কম বা কখনও অপেক্ষাকৃত দ্রুত গতিতে ঘটিয়া থাকে। যদি সূর্যেৰ পূৰ্ব দিকেৰ গতি সৰ্বদা একই ৰূপ থাকিত তাহা হইলে সোলাৰ সমবেৰ মান স্থিৰ থাকিত। যাহা হউক প্ৰধানতঃ দুইটি কাৰণে সূৰ্যেৰ আপাত গতি সৰ্বদা একই ৰূপ নহে। প্ৰথম কাৰণ এই যে, আপন কক্ষপথে সূৰ্যেৰ চাৰিদিক প্ৰদক্ষিণ কৰিবাব সময় পৃথিবীৰ গতি কম-বেশী হইবা থাকে। যখন পৃথিবী সূৰ্যেৰ নিকটে আসে (ডিসেম্বৰ) তখন পৃথিবীৰ গতি সৰ্বাধিক এবং যখন সূৰ্য হইতে বৃহত্তম দূৰত্বে থাকে (জুলাই) তখন ইহাৰ

গতি সবচেয়ে কম। সূৰ্যেৰ দৃশ্যমান গতি প্ৰকৃতপক্ষে পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতিবই ফল। অতএব সূৰ্যেৰ গতিৰ মধ্যে আমবা এই অসমতা লক্ষ্য কৰিবা থাকি। দ্বিতীয় কাৰণ এই যে,

পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ তল সোজাৰূপে পূৰ্ব পশ্চিম দিকে না থাকিবা মহা-বিষুবেৰ তলেৰ সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ডিগ্ৰী কোণে অবস্থিত। ৩ নং এবং ৪ নং চিত্ৰে এই কাৰণ দুইটি পৰিষ্কাৰভাৱে বুঝিতে পাৰা যাইবে।



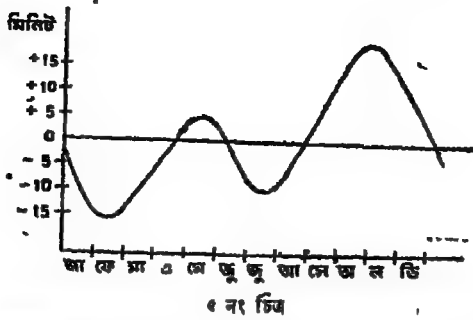
৪ নং চিত্ৰ

কক্ষপথেৰ এই হেলান অবস্থার জন্ত শুম ২১শে মাৰ্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বৰ তাৰিখে সূৰ্য প্ৰকৃতপক্ষে পূৰ্ব দিকে গতিশীল থাকে। কিন্তু মাৰ্চেৰ পৰে সূৰ্যেৰ গতি পূৰ্ব দিকেৰ একটু উত্তৰে এবং সেপ্টেম্বৰেৰ পৰে পূৰ্ব অপেক্ষা একটু দক্ষিণে গতিশীল থাকে। এই কাৰণে পৃথিবী একই গতিতে কক্ষ পথে চলিতে থাকিলেও সূৰ্যেৰ দৃশ্যমান পূৰ্ব গতি

বৎসরের বিভিন্ন সময়ে অসমান হইত। সোলাৰ দিনেব দৈৰ্ঘ্য সাইডেৰিষাল দিনেব দৈৰ্ঘ্যেব চেয়ে প্রায় ৪ মিনিট অধিক। ঘড়ি আবিষ্কাৰেব পৰ দেখা গেল যে, দৃশ্যমান সোলাৰ সময় (apparent solar time)-এব সহিত ঘড়িৰ সমতা বৰা কৰিতে হইলে অনেক অসুবিধাৰ পড়িতে হব। ইহাব হাত হইতে বৰা পাইবাব জন্ত মধ্য-সোলাৰ সময় (mean solar time) আবিষ্কাৰ কৰা হইয়াছে।

(৩) মধ্য-সোলাৰ সময় (Mean solar time)

আমবা দেখাছি যে, এপ্লিপষ্টিকেব সমতল (plane) মহাবিশ্ববেব সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণে বিস্তৃমান বলিবা। সূৰ্যেব দৃশ্যমান পূৰ্বগতি প্রতিদিন বিভিন্ন হইবা থাকে এবং ইহাব ফলে দৃশ্যমান সোলাৰ সময়েব পৰিমাণ সৰ্বদা এককপ থাকে না। ইহা সংশোধন কৰিবাব জন্ত বৈজ্ঞানিকবা একট কালনিক সূৰ্যেব অস্তিত্ব স্বীকাৰ কৰিবা লইবাছেন। এই কালনিক সূৰ্য (mean sun) মহাবিশ্ববেখাব উপৰ একট বিন্দু এবং ইহা মহাবিশ্ববেব উপৰ দৈনিক একই গতিতে পূৰ্ব দিকে সৰিবা যাইতেছে বলিবা বৰনা কৰা হয়। এই কল্পিত সূৰ্যেব উপৰ ভিত্তি কৰিবা যে সময় নির্ণয় কৰা হয় সেই সময়কে মধ্য-সোলাৰ সময় (mean solar time) বলা হয়। ঘড়িৰ সময় এই কল্পিত সূৰ্যেব কৌণিক কাল (hour angle) নির্ণয় কৰে। প্রকৃত সূৰ্যেব অসমান গতিব জন্ত দৃশ্যমান সোলাৰ সময় কখনও ঘড়িৰ সময় (মধ্য-সোলাৰ সময়) অপেক্ষা বেণী এবং কখনও কম (less) চলিবা থাকে। এই দৃশ্যমান সোলাৰ সময় এবং মধ্য-সোলাৰ সময়বেব মধ্যে ব্যবধানকে সময় সমীকরণ (equation of time) বলে। এই ব্যবধান সৰ্বাধিক প্রায় ১৭ মিনিট পর্যন্ত হইতে পাবে। সময় সমীকরণ জানা থাকিলে ঘড়িৰ সময়বেব সহিত যোগ কৰিবা বা ঘড়িৰ সময় হইতে বিয়োগ কৰিবা দৃশ্যমান সময় নির্ণয় কৰা যায়। পৰ-পৃষ্ঠাব চিত্রে বৎসৰেব বিভিন্ন সময়ে সময় সমীকরণেব 'গ্রাফ' (graph) বা লেখ প্রদৰ্শিত হইল।



‘সময় সমীকরণ’ = (দৃশ্যমান সৌলার সময়) — (মধ্য-সৌলার সময়) —
এখানে আমাদের মনে রাখা দরকার যে, দৃশ্যমান সৌলার সময় এবং মধ্য-
সৌলার সময় কোনও চিত্র-নির্দিষ্ট স্থানের সময় নির্দেশ করে। উপরে
লেখ হইতে দেখা যায় যে, এক বৎসরে চার বার ‘সময় সমীকরণ’
এবং মান ০ হইবে অর্থাৎ এই চার বার দৃশ্যমান সৌলার সময় এবং
মধ্য সৌলার সময়ের মান একই থাকিবে। নিম্নে টেবিলে প্রতি মাসের
প্রথম তাবিখে সময় সমীকরণের মান প্রদর্শিত হইল।

সময় সমীকরণ

দৃশ্যমান সময় মধ্য-সময় অপেক্ষা বেশী অথবা কম

(১৯৫৫ খ্রিস্টাব্দে গণনা অনুসারে)

১লা জানুয়ারী ০ মি. ৮ সে. কম	১লা জুলাই ০ মি. ৩০ সে. কম
১লা ফেব্রুয়ারী ১০ মি. ৩২ সে. কম	১লা আগস্ট ৬ মি. ১৮ সে. কম
১লা মার্চ ১২ মি. ৪০ সে. কম	১লা সেপ্টেম্বর ০ মি. ২০ সে. কম
১লা এপ্রিল ৪ মি. ১৬ সে. কম	১লা অক্টোবর ৯ মি. ৫৭ সে. বেশী
১লা মে ২ মি. ৪৮ সে. বেশী	১লা নভেম্বর ১৬ মি. ২০ সে. বেশী
১লা জুন ২ মি. ২৮ সে. বেশী	১লা ডিসেম্বর ১১ মি. ২১ সে. বেশী

বৎসরের প্রথম দিকে ‘সময় সমীকরণ’ দ্রুত পরিবর্তনের ফল
সহজেই বুঝা যায়। এই সময় পৃথিবী সূর্যের নিকটতম দূরত্বে আসে
এবং ফলে ইহা গতি সর্বাধিক হইয়া থাকে। অতএব, দৃশ্যমান সূর্য

পূর্ব দিকে অপেক্ষাকৃত দ্রুত অগ্রসর হইতেছে এবং ফলে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত একটু বিলম্বে ঘটিয়া থাকে। এইজন্য আমাদের বাড়ির সমবানু-সানে ২১শে ডিসেম্বরের পবণ দুই সপ্তাহ পর্যন্ত সূর্যোদয় বিলম্বে ঘটে।

(চ) স্ট্যান্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)

পূর্বে, পশ্চিম ভাগতের বড় বড় শহরের প্রত্যেকটিতে স্থানীয় মধ্য-সোলাব সময় অনুসারে কার্যকর পৰিচালিত হইত। কিন্তু যোগা-যোগের দ্রুত উন্নতিব ফলে একই দেশের ভিতর বিভিন্ন শহরের স্থানীয় সময়ের পরিবর্তে সকলের গ্রহণীয় একটি সাধারণ সময়ের প্রয়োজন হইয়া পড়ে। আবার U S. A -এর মত বড় দেশের সর্বত্র একইরূপ সময় ব্যবহার করা অসম্ভবায়জনক। এইজন্য দুই প্রকার সময় স্ট্যান্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)-এর ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছে।

(ছ) পৃথিবীর সর্বত্র সময় গণনা এবং আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা (International date line)

আমরা এখন যে স্থানে অবস্থান করিতেছি এই স্থান হইতে পূর্ব-দিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা বেশী হইবে এবং সেইরূপ পশ্চিম দিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা কম হইবে। অর্থাৎ আমাদের ঢাকার স্থান স্থানীয় (মধ্য-সোলাব সময়) সময় বিগ্রহ ১২টা ঠিক সেই মুহূর্তে ১৫° ডিগ্রী পূর্ব দিকের দ্রাঘিমাংশ স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১টা এবং পশ্চিম দিকের ১৫° ডিগ্রী দূরত্বের স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১১টা হইবে। এইরূপে যে-কোন স্থানের তুলনায় পৃথিবীর সর্বত্র স্থানীয় সময় ঐ সকল স্থানের দ্রাঘিমাংশ উপর নির্ভর করিবে। একই দ্রাঘিমাংশ সকল স্থানের স্থানীয় মেবিড়িয়ান একই বলিয়া সকল স্থানেই একই সময় হিনীকৃত হইবে। যে-কোন দুইট স্থানের স্থানীয় সময়ের প্রভেদ ঐ দুইট স্থানের দ্রাঘিমাংশ প্রভেদের উপর নির্ভর করে। প্রতি ১° ডিগ্রী

ব্যবধানে সময়েব ব্যবধান ৪ মিনিট হইয়া থাকে। লণ্ডনেব নিকটস্থ গ্রীনউইচ নামক স্থানেব দ্রাঘিমাংকে মূল (0°) ধরিয়া পূর্ব এবং পশ্চিম দিকে $1^\circ-180^\circ$ পর্যন্ত গানা করা হয় এবং গ্রীনউইচের সময় হইতে অন্যান্য স্থানের সময় গণনা করা হয়। গ্রীনউইচের স্থানীয় সময়কে ‘বিশ্ব সময়’ (Universal time) বলে। ‘নটিক্যাল আলম্যানাকে’ এই সময়ের ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

এখন মনে করুন কোনও ভ্রমণকারী গ্রীনউইচ হইতে পূর্ব দিকে বওনা হইলেন। তাঁহার হাতে যে ঘড়ি আছে সেই ঘড়িতে গ্রীনউইচের সময় বাখা হইয়াছে। তাঁহার চলাব পথে প্রতি 15° ডিগ্রী দ্রাঘিমা অতিক্রম করিবাব পৰ তাঁহার ঘড়িৰ সময় ১ ঘণ্টা বৃদ্ধি করিতে হইবে। এইরূপে 180° পূর্ব দ্রাঘিমাৰ স্থানে আসিবাব পৰ ঘড়িৰ কাঁটা গ্রীনউইচ সময় অপেক্ষা ১২ ঘণ্টা সামনের দিকে ঘুমাইয়া দিতে হইবে। এইরূপে একই দিকে চলিতে চলিতে যখন তিনি গ্রীনউইচে ফিবিয়া আসিবেন তখন তিনি দেখিবেন যে, তাঁহার ঘড়ি সামনের দিকে ২৪ ঘণ্টা সময় বৃদ্ধি পাইয়াছে। অর্থাৎ গ্রীনউইচের অন্যান্য লোকের কাছে যদি ঐ দিন বুধবার হয় তাহা হইলে আমাদের ভ্রমণকারীর নিকট ঐ দিন বুধসপ্তিমবার মনে হইবে। এইরূপে অসুবিধা দূর করিবাব জন্য 180° দ্রাঘিমা বেখাকে আন্তর্জাতিক তারিখ-বেখা (International date line) নাম দিয়া ঐ বেখার স্থানসমূহ অতিক্রম করিবাব পৰ পঞ্জিকাৰ একদিন পরিবর্তন করা হয়। যদি আমরা পূর্ব দিকে বওনা হইয়া তারিখ-বেখা অতিক্রম করি, তাহা হইলে আমরা পঞ্জিকাতে একদিন পিছাইয়া পড়ি। সেইরূপ পশ্চিম দিকে বওনা হইয়া ঐ তারিখ-বেখা অতিক্রম করিবাব পৰ একদিন বৃদ্ধি করিব। মনে করুন তারিখ-বেখা অতিক্রম করিবাব সময় তারিখ যদি ১২ই জুন হইয়া থাকে তাহা হইলে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে যাইতে ১ দিন পিছাইয়া ১১ই জুন ধরিয়া লইব।

(জ) সময় নির্ণয় (Measurement of time).

পৃথিবীর উন্নত দেশসমূহের অভ্যন্তরভর্তীতে সাধারণ নিয়মানুযায়ী সময় নির্ণয় করা হয়। এইরূপ বিশেষভাবে নির্মিত টেলিগ্রাফ ব্যবহার

কথা হয়। এই টেলিস্কোপের সাহায্যে ঠিক কোন মুহূর্তে একটি নক্ষত্র স্থানীয় মেবিডিয়ান অতিক্রম করিয়াছে তাহা নির্ণয় করা হয়। যেহেতু কমিত সূর্যের (mean sun) অবস্থান অস্বাভাবিক নক্ষত্রের অবস্থান হইতে নির্ণয় করা হয়, অতএব কোনও নির্দিষ্ট নক্ষত্রের মেবিডিয়ান অতিক্রমের সময় হইতে আমবা স্থানীয় সময়, মধ্য-সোলাৰ সময় (mean solar time) নির্ণয় করিতে পারি।

সময় নির্ণয়ের অস্ত্র সর্বপ্রথম বোডশ ক্রিস্টাণ্ডে দোলকের আবিষ্কার করা হয়। যেহেতু দোলক নির্দিষ্ট সময়ে দুনিয়া থাকে, অতএব দোলকের সাহায্যে নিমিত ঘড়ি নিখুঁতভাবে সময় দিতে সক্ষম। ১৬৫৬ খ্রিস্টাব্দে হিউগিন্স (Huygens) দোলক সম্বন্ধে এক গবেষণামূলক গ্রন্থ বচনা করেন। ইহাৰ দোলনকাল শুধু মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এবং দোলকের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। বিশেষ স্বল্প দ্রুত পদার্থের সংমিশ্রণ (alloy) করিয়া এক প্রকার দোলক নির্ণয় করা হইয়াছিল। এই মিশ্রণ (alloy) এমনভাবে সংগ্রহ করা হইয়াছিল যেন ইহাৰ উপর তাপের প্রভাব অত্যন্ত কম হয়।

আজকাল এককপ quartz crystal-এব সাহায্যে সময় নির্ণয় নিখুঁতভাবে করা হয়। এই crystal-এব স্বাভাবিক দোলনকাল (vibration frequency)-এব সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহের frequency স্থির করা হয় এবং ইহাৰ প্রভাবে বিদ্যুৎ-বল্লব সময় নির্ণয় করা হয়। বর্তমান কালে radiation-এব সাহায্যে আবও সুক্ষ্মভাবে সময় নির্ণয় করিবার পদ্ধতি আবিষ্কার করা হইয়াছে।

(ক) পৃথিবীর আবর্তন কালের ব্যতিক্রম (Variations in the Earth's rotation)

সুক্ষ্মভাবে সময় নির্ণয়ের যত আবিষ্কারের ফলে এই সমস্ত যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে ইহাৰ আবর্তনের গতি সব সময় এককপ থাকে না। পৃথিবীর উপর নৈসর্গিক পরিবর্তন ইহাৰ গতির ব্যতিক্রম ঘটায়। পৃথিবীর কোন অংশ বৃদ্ধি পাইলে কিংবা কোন অংশ সঙ্কুচিত হইলে ইহাৰ ফলে আবর্তনগতির তাৎক্ষণিক ঘটিতে পারে। আবার পৃথিবীর একস্থান হইতে অত্যাশ্চর্য

বাতাস বা বৰফ স্থানান্তৰিত হওবাব ফলেও আৱৰ্তনগতিৰ তাৰতম্য হইবা থাকে। এইসব ছাড়াও সমুদ্রে বিশাল জলবাগিৰি মধ্যো ঘৰ্ষণেৰ ফলি হইবা থাকে। এই সমস্ত কাৰণে প্ৰতি ১শত বৎসৰে পৃথিৱীৰ আৱৰ্তনগতি ১৮৮৮ সেকেণ্ড কমিবা আসে।

(এ) এফিমেরিস টাইম (Ephemeris time)

আকাশে নক্ষত্ৰপুঞ্জৰ গতিবিধি সম্বন্ধে যথেষ্ট জ্ঞান বৈজ্ঞানিকদেব গোচৰীভূত হইবাছে। ফলে তাঁহাৰা ভৱিষ্যতে যে-কোন জ্যোতিষ্কেৰ অবস্থান নিখুঁতভাবে বৰ্ণনা কৰিতে সক্ষম। এইজন্ত জ্যোতিবিদেবা এক-কপ সময়ৰ বাবহাব কৰিবা থাকেন। এই সময়কে এফিমেরিস সময় (ephemeris time) বলে। ১৯০০ খ্ৰীষ্টাব্দে এক মধ্য-সোলাৰ সময়ৰেব সেকেণ্ডেৰ পৰিমাণ যতটুকু ছিল, এফিমেরিস সময়ৰেব এক সেকেণ্ডেৰ পৰি-মান ততটুকু ধৰা হইবাছে। প্ৰকৃতপক্ষে ১৯০০ সালেৰ বৎসৰেব তুলনাৰ সেকেণ্ড (এফিমেরিস) = $\frac{১}{৩১৫৬৬৯২৫৯৭৪৭৪}$ বৎসৰ। পৃথিৱীৰ আৱৰ্তনকালেৰ তাৰতম্যেৰ জন্ত একেণে দৃশ্যমান সোলাৰ-সময় এবং এফিমেরিসেব সময়ৰ পাৰ্থক্য প্ৰায় ৩০ সেকেণ্ডে দাঁড়াইবাছে।

৪.২. তাৰিখ (Date of the Year)

পঞ্জিকাৰ যে দিন, মাস এবং বৎসৰেব বাবহাব হইবা থাকে, সেইগুলি পৃথিৱীৰ আৱৰ্তন গতি, চন্দ্ৰেব পৃথিৱীৰ চাৰিদিকে আৱৰ্তন এবং পৃথিৱীৰ বাৰ্ষিক গতিৰ উপৰ ভিত্তি কৰিবা গণনা কৰা হয়। কিন্তু পঞ্জিকা তৈয়াৰ কৰিতে অন্তৰবিধা এই যে, এই তিনকপ গতিৰ সময়-কাল পৰস্পৰেব পূৰ্ণ বিভাজ্য নহে।

নক্ষত্ৰেব তুলনাৰ চন্দ্ৰ পৃথিৱীৰ চাৰিদিকে একবাৰ ঘূৰিবা আনিতে ২৭৩ দিন গ্ৰহণ কৰে। ইহা চন্দ্ৰেব সাইডেৰিচাল মাস। স্বৰ্বেক মূল ধৰিলে চন্দ্ৰ পৃথিৱীৰ চাৰিদিকে প্ৰায় ২৯২ দিনে ঘূৰিবা আসে। ইহাকে চন্দ্ৰেব সাইনডিক মাস বলে।

বৎসব সম্বন্ধে বলিতে গেলে বলিতে হয় যে, সাধারণতঃ তিন প্রকারেব বৎসবেৰ পৰিচয় পাওযা যায়। সূৰ্য্যেৰ চাৰিদিগে ঘূৰিয়া আসিতে পৃথিবীৰ ৩৬৫'২৫৬৪ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ৯ মিনিট ১০ সেকেণ্ড (মধ্য-সোলাৰ) সময় লাগে। ইহাকে সাইডেৰিয়াল বৎসব বলে। আবার 'ভাবনাল ইকুইনক্সেৰ' তুলনায় পৃথিবীৰ ৩৬৫'২৪২'১৯৯ বা ৩৬৫ দিন ৫ ঘণ্টা ৪৮ মিনিট ৪৬ সেকেণ্ড সময় লাগে। এই সময় ঋতু পৰিবৰ্তনেৰ সহিত সামঞ্জস্য বন্ধা কৰে। ইহাকে ট্ৰপিকাল বৎসব (tropical year) বলে। প্ৰিচেশন (precession)-এৰ এক ট্ৰপিকাল বৎসব সাইডেৰিয়াল বৎসবেৰ চেৰে একটু কম। মহাবিশ্বে পৃথিবীৰ কক্ষপথ অতিশয় ধীৰে আবৰ্তন কৰে। এইজন্য পৃথিবীৰ পৰ পৰ দুইবাৰ সূৰ্য্যেৰ নিকটতম দূৰত্বে আসিতে ৩৬৫'২৫৯৬ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ১০ মিনিট ৫৩ সেকেণ্ড সময় অতিবাহিত হয়। এই সময়কে 'বিস্ৰান্তি বৎসব' (anomalistic) বৎসব বলে। ইহা সাইডেৰিয়াল বৎসব হইতে একটু বেশী। ইহা পৃথিবীৰ উপৰ সৌৰজগতে অবস্থিত অন্যান্য গ্ৰহেৰ আকৰ্ষণাদিৰ ফল।

(ক) সপ্তাহ (Week)

সাত দিনে এক সপ্তাহ গ্ৰহণ কৰিবাব পৌৰাণিক কাৰণ এই যে, তখনকাৰ দিনে শনি (satur), বৃহস্পতি (jupiter), মঙ্গল (mars), বৰি (sun), শুক্র (venus), বুধ (mercury) এবং সোম (moon)-কে এটি গ্ৰহ বলিবা মনে কৰা হইত। পূৰ্বে মনে কৰা হইত যে, দিনেৰ প্ৰতিটি ঘণ্টা এক একটি গ্ৰহ দ্বাৰা চালিত হইত। এইৰূপে শনিবাবেৰ প্ৰথম ঘণ্টা শনিগ্ৰহ দ্বাৰা প্ৰভাবিত হইত, দ্বিতীয় ঘণ্টা বৃহস্পতি দ্বাৰা, তৃতীয় ঘণ্টা মঙ্গলগ্ৰহ দ্বাৰা ইত্যাদি ৰূপে চালিত হইত। এইৰূপে শনিবাবেৰ ২৪ ঘণ্টাৰ শেষ ঘণ্টা মঙ্গল গ্ৰহেৰ প্ৰভাবে আসিত। অতএব পৰদিন বৰিবাবেৰ প্ৰথম ঘণ্টায় বৰি (sun)-এৰ প্ৰভাৱ স্থিৰীকৃত হইত। এইভাবে যে-কোন দিনেৰ নাম ঐ দিনেৰ প্ৰথম ঘণ্টা কোন গ্ৰহেৰ প্ৰভাবে বহিবে সেই অনুসাবে স্থিৰ কৰা হইত।

(খ) পঞ্জিকা (Calendar)

আধুনিক পঞ্জিকার গোড়াপত্তন বোমানরা খ্রীস্টপূর্ব অষ্টম অশ্বে কবেন। প্রথম পঞ্জিকাখ মাত্র ১০টি মাসেব নাম ছিল। খ্রীস্টপূর্ব প্রথম অশ্বে ১২ মাসেব নাম গ্রহণ কবা হয়। এই পঞ্জিকা অনুসাবে চান্দ্রমাসের দিন ২৯½ দিন ধবা হইত। পৰ্য্যায়ক্রমে এক মাসে ২৯ দিন এবং তাব পবেব মাসে ৩০ দিন ধবা হইত। ইহাব ফলে এক বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৫৪ দিনে ধবা হইত। কিন্তু ট্রপিকাল বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৬৫½ দিন হওয়াব এই পঞ্জিকা ব্যবহাবে নানা প্রকাব অসুবিধা দেখা দিবাছিল। প্রতি তিন বৎসবে প্রায় ১ মাসেব প্রভেদ সৃষ্টি হইত। ইহাব সংশোধন মানসে স্থিৰ কবা হইত যে, প্রতি তিন বৎসব পব পব ১ বৎসবে ১২ মাসেব পবিবৰ্তে ১৩ মাস ধবিত্তে হইবে। কিন্তু ধৰ্মযাজকদেব হাতে এই পঞ্জিকা স্থিৰ কবাৰ দাৰিদ্ৰ্য থাকাব নানা বিঘাট সৃষ্টি হইতেছিল। সুবিধামত তাহাবা কোন বৎসরে ১৩ মাস, কোন বৎসবে ১২ মাস ধবিবা পঞ্জিকা গঠন কবিতেন। অবশেষে খ্রীস্টপূর্ব ৪৬ অশ্বে জুলিয়াস সিজাব পঞ্জিকাৰ সংস্কাৰ কবেন।

(গ) জুলিয়ান ক্যালেন্ডাৰ (Julian Calendar)

আলেকজান্দ্রাস জ্যোতিষিদ Sosigenes-এব সাহায্যে সিজাব, মিসৰীয ক্যালেন্ডাৰেব অনুকৰণে নিম্ন উপায়ে পঞ্জিকাৰ সংস্কাৰ সাধন কবেন :

- (১) চান্দ্রমাসকে বৰ্জন কবিয়া বৎসবেব প্রতি মাসেব দৈর্ঘ্য ৩০ দিন কিংবা ৩১ দিন ধবা হইবে। একমাত্র ফেব্রুৱাৰী মাসেব দৈর্ঘ্য ২৯ দিন ধবা হইবে।
- (২) পঞ্জিকাৰ বৎসবেব দৈর্ঘ্য ট্রপিক্যাল বৎসব ৩৬৫½ দিনে ধবিত্তে হইবে। অবশিষ্ট ½ দিন পঞ্জিকাৰ ধবা হব নাই। বাহা ইউক প্রতি ৪ বৎসব পব এক বৎসবকে ৩৬৬ দিনে ধবিত্তে হইবে।
- (৩) প্রতি মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ কিংবা ৩১ হইবে যেন শুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩১ এবং অশুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ ধরা হয়।

ফেব্রুয়ারী মাসেব দৈর্ঘ্য ২৯ দিন থাকিবে। জুলিয়াস সিজাবেব যত্নেব পৰ তাঁহাব নামানুসাবে জুলাই মাসেব নামকৰণ কৰা হয়।

সিজাবেব যত্নেব পৰ বোমান সিনেট পঞ্জিকাৰ কিছু বদবদল কৰেন। ঐ সময়ে অগাস্টাস (Augustus) সিজাবেব নামানুসাবে আগস্ট মাসেব নামকৰণ হয় এবং আগস্ট মাসে ৩১ দিন ধৰা হয়। পূৰ্বে আগস্ট মাস ৩০ দিনে ধৰা হইত। এই পৰিবৰ্তনেব ফলে ফেব্রুয়ারী মাসেব দিন-সংখ্যা ২৯ হইতে ২৮ দিনে পৰিবৰ্তন কৰা হইয়াছে। অবশ্য প্রতি চাব বৎসব পৰ ফেব্রুয়ারী মাসে ২৯ দিন ধৰা হয়।

পুৰাতন বোমান পঞ্জিকানুযায়ী ভাবনাল ইকুইনক্স ২৫ শে মার্চ হইতে বহু দূৰে সন্ধিয়া পড়াব জুলিয়াস-সিজাব ৪৬ খ্রীষ্টপূৰ্বাব্দে অতিবিক্ত দিন মাস গ্ৰহণ কৰিষা 'ভাবনাল ইকুইনক্সেব' দিনকে ২৫ শে মার্চ তাৰিখেব সহিত মিলাইষা দেওযা হয়।

(ঘ) গ্রেগরিয়ান ক্যালেন্ডার (Gregorian Calendar)

১৫৮২ খ্রীষ্টাব্দে দোমেব পোপ গ্লেগৰি পঞ্জিকাৰ সংস্কাৰ সাধন কৰেন। এই সমস্ত সংস্কাৰেব মূলে ধৰ্ম্মী কতকগুলি অনুর্তানেব দিন ধাৰ্য কৰা প্রধান উদ্দেশ্য ছিল। পোপ গ্লেগৰী দুইটি প্রযোজনীয় সংস্কাৰ সাধন কৰিষাছিলেন। প্রথমতঃ ভাবনাল ইকুইনক্সেব দিন ২৫ শে মার্চ হইতে সবাইষা ২১ শে মার্চ তাৰিখে আনয়ন কৰেন এবং 'লিপইষাব' ধাৰ্য কৰিষাব জন্ত নিষন্ন কৰেন যে, যে শত বৎসব (যেমন ১৬০০, ২০০০) ৪০০ বাবা বিভাজ্য হইবে সেই শত বৎসবেক 'লিপইষাব' ধৰিতে হইবে। এক গ্লেগৰী বৎসবেব দিন-সংখ্যা মোট ৩৬৫ ২৪২৫ দিন।

প্রশ্নমালা-৪

১। যদি চত্ৰকে সময় নির্ণয়েব মূলরূপে ধৰা হয়-তাহা হইলে এক চাত্ৰদিন সাইডেবিষাল দিন অপেক্ষা কত বেশী হইবে?

২। সৌৰদিন অপেক্ষা এক বৎসবে কত সাইডেবিষাল দিন আছে?

৩। যদি অস্ত্র সংখ্যা ৮ ঘ. ৩০ মি. এর সমর একটি নক্ষত্র আকাশে উদয় হয় তাহা হইলে দুই মাস পরে কোন্ সমর নক্ষত্রটি উদয় হইবে?

৪। প্রমাণ করুন যে, সূর্য্যভাঙ্গাল অনুযায়ী গ্রীষ্মকালীন দিনের দৈর্ঘ্য, গ্রীষ্মকালীন দিনের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড়।

৫। একটি পশ্চিমগামী এ্যারোপ্লেন শূক্ৰবার দিন 'আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা' রাত্রি ৯-৩০ মিনিটে অতিক্রম করিল। ১০ মিনিট পর ব্যাটার নিকট কোন্ দিন এবং সমর দ্বিহীকৃত হইবে?

৬। কোন্ স্থানের ২১ শে সেপ্টেম্বর Orion-এর উদয় কাল ২৩ ঘ. ৩০ মি. (স্থানীয় সমর)। প্রমাণ করুন যে ২১ শে অক্টোবর স্থানীয় সমর ২১ ঘ. ৩০ মি. এবং সাইডেরিভাল সমর ২৩ ঘ. ৩০ মি. ও Orion উদয় হইবে।

৭। যদি একটি নক্ষত্র অস্ত্র সংখ্যার ৯ ঘ. ১৫ মি.-এর সমর উদয় হয় তাহা হইলে আগামীকাল কখন উহা উদয় হইবে?

আলো এবং টেলিস্কোপ

(LIGHT AND THE TELESCOPE)

৫.১. আলোর প্রকৃতি এবং ধর্ম (Nature & Property of Light)

আলো আমাদের নিকট অতি পবিচিত হওয়া সত্ত্বেও ইহাৰ প্রকৃতি সহজে বুঝিতে পারা যায় না। প্রকৃতপক্ষে আলো শক্তিৰ (energy) এক প্রকাৰ বিকাশ। যখনই কোন আলোকিত পদার্থ থেকে আলো চাৰিদিকে ছড়িইয়া পড়ে তখন সেই আলোৰ সহিত বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (electromagnetic energy) চেউষেব আকাৰে বাহিত হয়। সমুদ্রে যেমন ছোট বড় নানা প্রকাৰেৰ চেউ খেলিবা বেড়াৰ, তেমনি আলো চেউষেব আকাৰে মূল উৎস হইতে চাৰিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। চেউষেব দৈৰ্ঘ্য আছে। আলোৰ ভিতৰে যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি বিস্তমান উহাৰা নানা প্রকাৰ দৈৰ্ঘ্যেৰ চেউ বিশেষ। বিভিন্ন আকাৰেৰ চেউ সম্বলিত আলো বিভিন্ন প্রকাৰ। যেমন বংধনুতে আমবা বিভিন্ন বং-এৰ আলো দেখি। ইহাদেব প্রত্যেকেৰ চেউষেব দৈৰ্ঘ্য বিভিন্ন। আমবা যে সূৰ্যেব আলো দেখি উহা সকল প্রকাৰ চেউষেব সংমিশ্রণ। X-ray, Infra ray Ultra-violet ray প্রভৃতি আলোকে আমবা চোখে দেখিতে পাই না। নগ্ন চোখে দেখিবার জন্য যে-আলো, তাহাৰ চেউষেব দৈৰ্ঘ্য দুইটি সীমাৰ মধ্যে অবস্থিত। এই সীমাৰ উভয় পার্শ্বে যে সমস্ত চেউ আছে তাহাদেব দ্বারা সৃষ্ট আলো আমবা দেখিতে পাই না।

বৈজ্ঞানিকেবা মনে কৰেন যে, কোন একট বিশেষ দৈৰ্ঘ্যেৰ চেউ সম্বলিত আলো যখন বিকীর্ণ (radiation) হয় তখন উহা 'ফোটন' (photo:) নামক 'বিকীর্ণ শক্তি' (radiant energy) এৰ কৰেকটি প্যাকেটেব আকাৰে বাহিত হয়। 'ফোটন বিকীর্ণ শক্তি'ৰ 'একক' (unit) বিশেষ। আধুনিক বৈজ্ঞানিকদেব মতে আলো একই সময়ে 'চেউ' (wave) এবং 'ফোটনেব' প্যাকেটৰূপে বর্ণনা কৰা যাইতে পারে।

(ক) আলোর সরলরেখায় গমন

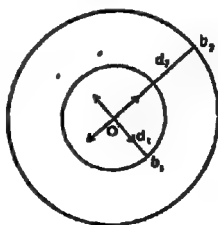
আলো মহাশূন্যে (empty space.) সরল রেখায় বাহিত হয়। ইহাব চলিবার পথে আলো 'প্রতিফলন' (reflection), 'প্রতিসরণ' (refraction) এবং 'diffraction' দ্বারা গতি পবিবর্তন করিতে পারে।

বিপরীত বর্গ নিয়ম (Inverse Square Law)

আলো ইহাব গতিপথে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' পালন করে। যদি আলো কোন নির্দিষ্ট উৎস ০ হইতে আসে তাহা হইলে কোন নির্দিষ্ট (দূরত্ব d) স্থানে যে পরিমাণ আলো পতিত হইবে তাহা d -ব্যাসার্ধ-যুক্ত গোলকের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চি স্থানের উপর পতিত আলোব পরিমাণের উপর নির্ভব কবিবে। কারণ, কোন নির্দিষ্ট সময়ে উৎস হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ আলো বিকীর্ণ হয় এবং চাষিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। যতই দূরে যায় ততই ইহা বৃহত্তর এলাকায় ছড়াইয়া পড়ে। অতএব, যখন এই আলো উৎস হইতে d ইঞ্চি দূরে ছড়াইয়া পড়ে তখন ইহা $4\pi d^2$ (গোলকের তলের ক্ষেত্রফল) এলাকায় উপর বিস্তৃত হয়। অতএব, যদি কোন সময়ে 'বিকীর্ণ-শক্তি' (radiated energy)-এর পরিমাণ E হয় তাহা হইলে যখন এই শক্তি আলোব আকারে d ইঞ্চি দূরে বিস্তৃত হয় তখন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই আলোব শক্তির পরিমাণ হইবে $\frac{E}{4\pi d^2}$ । অতএব, প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে আলোব পরিমাণ 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' ক্রমিতে থাকে। ইহাব অর্থ এই যে, উৎস হইতে d_1 -এবং d_2 দূরত্বে অবস্থিত দুইটি টেলিস্কোপে পতিত আলোর পরিমাণ যথাক্রমে b_1 এবং b_2 হইলে

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{4\pi d_2^2}{4\pi d_1^2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

এই সম্বন্ধকে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' (Inverse square law) বলে।
(চিত্র দেখুন)।



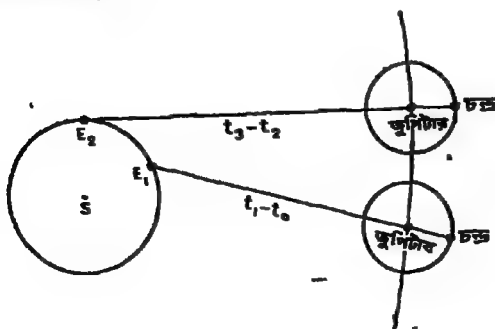
(খ) আলোর গতি (Speed of Light)

আলো প্রতি সেকেন্ডে মহাশূন্যে 2.997925×10^{10} সে. মি. অথবা ১৮৬,০০০ মাইল বেগে বাহিত হয়। বৈজ্ঞানিকদের মতে আলোর এই গতি অপেক্ষা অধিক কোন পদার্থের গতিবেগ অধিকতর সম্ভব নহে। আইনস্টাইনের 'আপেক্ষিক তত্ত্ব' (Theory of Relativity)-এর মূলে এই সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা হইয়াছে।

আলোর গতিবেগ নির্ণয় (Velocity of Light)

(১) ১৬৭৫ খ্রীস্টাব্দে ডেনমার্কের জ্যোতিষবিদ Ole Roemer সর্ব প্রথম আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন। তিনি জুপিটার (Jupiter বা বৃহস্পতি গ্রহ) গ্রহের চন্দ্রগ্রহণের (eclipse) সময় হইতে আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন।

মনে করুন, জুপিটারের একটি চন্দ্র কোন নির্দিষ্ট সময় t_0 এ জুপিটারের ছায়ায় প্রবেশ করায় চন্দ্রগ্রহণ দেখা গেল। জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে কিছু সময় অতিবাহিত হয় বলিয়া মনে করুন t_1 সময়ে আমরা পৃথিবীতে ঐ চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিলাম। অতএব চন্দ্রগ্রহণের মুহূর্ত হইতে $t_1 - t_0$ সময়ের পর আমরা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিব। আলো এই $t_1 - t_0$ সময়ে জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আসিবে। এই মুহূর্তে মনে করুন পৃথিবী উহাৱ কক্ষপথে E_1 নামক স্থানে অবস্থান করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



ইহাব পৰ জুপিটাবেৰ চন্দ্ৰ জুপিটাবেৰ চাৰিদিকে একবাব ঘূৰিষা আসিবাব পৰ আবাব যখন চন্দ্ৰগ্ৰহণ সৃষ্টি কৰিবে তখন পৃথিবী আপন কক্ষপথে E_2 নামক স্থানে সন্নিবিষ্ট হইবে। মনে কৰুন দ্বিতীয়বাব, চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় t_2 এবং পৃথিবীতে উহা লক্ষ্য কৰিবাব সময় t_3 । অতএব, জুপিটাব হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে $t_3 - t_2$ সময় লাগিবে। অতএব, পৃথিবীতে পৰ পৰ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময়েৰ ব্যবধান $t_3 - t_1$ কিন্তু পৰ পৰ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময়েৰ প্রকৃত ব্যবধান $t_2 - t_0$ । দেখা যাব যে, $t_3 - t_0$ সময় অপেক্ষা $t_3 - t_1$ সময় কিছুটা বেশী। ইহাব কাৰণ এই যে, পৃথিবী হইতে জুপিটাবেৰ দূৰত্ব ইতিমধ্যে বৃদ্ধি পাইযাছে এবং এই অতিবিক্ত দূৰত্ব ভ্রমণ কৰিতে আলোৰ $(t_3 - t_1) - (t_2 - t_0)$ সময় লাগিযাছে।

পৰীক্ষা দ্বাৰা দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ ব্যাসেৰ সমান দূৰত্ব অতিক্রম কৰিতে আলোৰ ১৬½ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়। কিন্তু পৃথিবী এক বৎসবে πd (d =ব্যাস) দূৰত্ব অতিক্রম করে। অতএব পৃথিবী d দূৰত্ব $\frac{1}{\pi}$ বৎসবে অতিক্রম করে। ইহা আলো অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ সময় বেশী। অতএব দেখা যাব যে, আলো পৃথিবীৰ গতিবেগ অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ বেশী দ্রুত বেগে যাবিত হয়। আবাব দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবী প্রতি সেকেন্ডে ১৮½ মাইল বেগে কক্ষপথে ভ্রমণ কৰে। অতএব আলোৰ গতিবেগ ১৮½ মাইল \times ১০,০০০ মাইল, অর্থাৎ প্রায় ১৮৬,০০০ মাইল/সেকেন্ড।

(২) ১৮৪৯ খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফিজো (Fizeau) ল্যাব-বেটৰীতে আলোৰ গতিবেগ নির্ণয়েৰ এক পন্থা আবিষ্কার কৰেন। তিনি আলোৰ বস্তুকে দূৰে একটি আবশিতে (mirror) প্রতিফলন কৰেন। কিন্তু আলো আবশিতে পৌঁছিবাব পূৰ্বে পথে একটি দাঁত-ওয়ালা হইলেব (toothed wheel) মধ্য দিয়া অতিক্রম কৰে। যদি হইলটি স্থিৰ থাকে তাহা হইলে প্রতিফলিত বস্তু হইলেব যে দুইটি দাঁতেৰ মধ্যস্থ ফাঁক দিয়া আবশিতে পড়িবে ঠিক সেই পথেই ফিৰিবা আসিবে। কিন্তু যদি হইলকে দ্রুতবেগে ঘূৰানো হয় তাহা হইলে

যখন প্রতিফলিত বস্তু হইলে ফিবিয়া আসিবে তখন উহাৰ গতিপথে একটী দাঁত আসিবা বাধা দিবে এবং আলো হইল অতিক্রম কৰিতে পাবিবে না। ফিজোৰ কাৰ্য হইল হইলকে এমনভাবে স্তানো যেন প্রতিফলিত আলো হইল অতিক্রম কৰিতে না পাবে। হইলেৰ গতি হইতে ইহা সহজেই নিৰ্ণয় কৰা যায়, একটী দাঁতকে আলোৰ পথে আসিতে কত সময় লাগিবে? এই সময়ে আলো হইল হইতে আবশি এবং আবশি হইতে হইলে আসিবে। ফিজোৰ পৰীক্ষাৰ আবশিকে হইল হইতে ৫ মাইল দূৰে বাধা হইয়াছিল। এইভাবে ফিজো যে গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰেন উহা Roamer-এৰ নিৰ্ণীত গতিবেগ হইতে শতকৰা ৪ ভাগেৰ মধ্যে পাওবা গিয়াছিল।

আধুনিক কালে আলোৰ গতিবেগ নিৰ্ণয়েৰ জন্ত অত্যন্ত সূক্ষ্ম পদ্ধতি আবিষ্কাৰ কৰা হইয়াছে এবং ইহাৰ ফলে জানা গিয়াছে যে, আলোৰ গতি প্রতি সেকেণ্ডে ২৯৯,৭৯০ কিলোমিটাৰ।

(গ) নানা প্ৰকাৰেৰ বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (Electromagnetic energy)

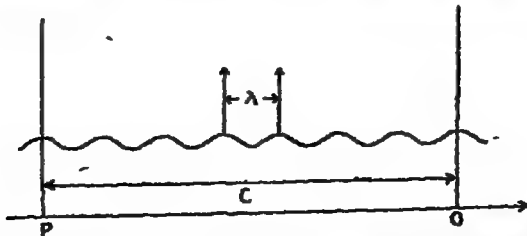
সৰ্বপ্ৰকাৰ বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তিৰ মধ্যে একটী সাধাৰণ বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। ইহাদেৰ সকলেই গতিবেগ একইৰূপ এবং ইহাৰা সকলেই ডেউয়েৰ আকাৰে প্ৰবাহিত হয়। যেমন, বেডিও ডেউগুলিৰ দৈৰ্ঘ্য সৰ্বাপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। টেলিভিশনেৰ ডেউগুলিৰ দৈৰ্ঘ্য কয়েক ইঞ্চি হইতে কয়েক গজ পৰ্যন্ত হইতে পাবে। তাপ এক প্ৰকাৰ শক্তিৰ বিকাশ। ইহাৰ ডেউয়েৰ দৈৰ্ঘ্য খুব কম। যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তিৰ ডেউয়েৰ দৈৰ্ঘ্য ০.০০০০.৬ হইতে ০.০০০০২৮ ইঞ্চিৰ মধ্যে অবস্থিত সেই সমস্ত শক্তি দৃশ্যমান আলোৰ অন্তৰ্ভুক্ত। আলোৰ ডেউয়েৰ দৈৰ্ঘ্য Angstrom এককেৰ সাহায্যে প্ৰকাশ কৰ হয়। এক Angstrom $A = \frac{1}{100,000,000}$ স মি অতএব আলোৰ দৈৰ্ঘ্য = $8000A^\circ$ হইতে $4000A^\circ$ এককেৰ মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। কোন বিশেষ দৈৰ্ঘ্যেৰ আলো ইহাৰ রং নিদিষ্ট কৰে। $8000A^\circ$ হইতে $8500A^\circ$ দৈৰ্ঘ্যেৰ

চেউে বাবা 'violet' বা বেগুনী বং নির্দেশ কবে। ইহা অপেক্ষা অধিক দৈর্ঘ্যের চেউগুলি যথাক্রমে নীল, সবুজ, হলুদ, কমলা এবং লাল বং নির্দেশ কবে। সূর্য হইতে আগত আলোর মধ্যে এটি বং-এব সমাবেশ দেখা বাব। 8000\AA অপেক্ষা কম চেউবেব আলোকে 'Ultra-violet' রশ্মি বলে। সেইকপ X-ray-এব চেউবেব দৈর্ঘ্য ইহা অপেক্ষাও কম। Ultra-violet রশ্মি এবং X-ray ফটোগ্রাফীর সাহায্যে দেখা বাব।

(খ) চেউয়ের দৈর্ঘ্য, আলোর গতি এবং দোলন-কাল (Time period)-এর সম্বন্ধ

সমুদ্রে যেমন চেউ দেখা বাব, আলো ঐকপ চেউবেব আকাবে চাবিদিকে ছড়াইবা পড়ে। সমুদ্রে যেমন এক খণ্ড কাঠকে খাড়াভাবে উঠানামা করিতে দেখা বাব, তেমনি আলোব চেউ খাড়াভাবে উঠানামা কবিয়া থাকে (transverse waves)। আলো কোন বস্তব মাধ্যমে প্রবাহিত হব না। অস্ত্র পক্ষে এক বাতাসেব সাহায্যে প্রবাহিত হব। বাতাস না থাকিলে এক মোটেই প্রবাহিত হব না। যখন এক কোণ উৎস হইতে আমাদেব কর্ণে পৌঁছে তখন বে পথে শব্দ আসে সেই দিকে বাতাস দোলে (vibration)। অতএব একবাহী বাতাস দৈর্ঘ্যেব দিকে (longitudinally) দুলিতে থাকে।

যখনই কোন শক্তি (energy) চেউবেব আকারে একস্থান হইতে অস্ত্রস্থানে প্রবাহিত হব তখনই আমবা চেউয়ের দৈর্ঘ্য (wave length) এবং দোলনসংখ্যা (frequency)-এব মধ্যে একটা সম্বন্ধ নির্ণয় কবিত্তে



পাবি। দোলন-সংখ্যা বা frequency বলিতে প্রতি সেকেন্ডে কোন বিন্দুব মধ্যে দিবা কতগুলি চেউ অতিক্রম করে- সেই চেউ-সংখ্যা বুঝাব।

মনে করুন O বিন্দু বিন্দু দিয়া এক লম্বা টেউষের বহু ডান দিকে প্রবাহিত হইতেছে (পূর্ব গৃষ্ঠাব চিত্র দেখুন)। মনে করুন এই টেউষের গতি C সে. মি./সেকেন্ড।

মনে করুন P হইতে O -এব দূরত্ব C সে. মি.। অতএব যে-কোন মুহূর্তে যদি কোন টেউ P বিন্দু অতিক্রম করে তাহা হইলে এক সেকেন্ড পরে ইহা O বিন্দুতে আসিবার পৌঁছাবে। এখন এই এক সেকেন্ডে P এবং O -এব মধ্যে যতগুলি টেউ পাওয়া যাইবে- তাহাদের সংখ্যা যদি f হয়, তাহা হইলে f টেউয়ের দোলন-সংখ্যা নির্ণয় কবিবে। প্রত্যেক টেউয়ের দৈর্ঘ্য λ সে. মি. হইলে আমরা দেখিতেছি যে,

$$C = f \times \lambda \quad (১)$$

(৬) ফোটনের শক্তি (Energy of Photons)

আধুনিক Quantum তত্ত্বের মতানুযায়ী প্রত্যেকটি 'ফোটন' কিছুটা শক্তি বহন করে। এই শক্তির পরিমাণ সংশ্লিষ্ট টেউয়ের দোলন-সংখ্যার উপর। দোলন সংখ্যা f হইলে, শক্তি (Energy) E -এর মান হইবে,

$$E = h \times f \quad (২)$$

যেখানে $h = ৬.৬২৫২ \times ১০^{-২৭}$ erg-কে Planck সংখ্যা বলে। (১)

এবং (২) হইতে সহজেই আমরা পাই,

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (৩)$$

বেগুনী (violet) এবং নীল (blue) বর্ণ-এব ফোটনের শক্তি, লাল (red) বর্ণ-এব ফোটনের শক্তি অপেক্ষা অধিক।

৫২. আলোর জ্যামিতীয় নিয়ম

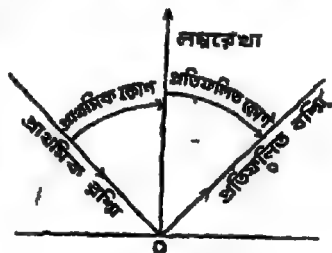
টেলিস্কোপে ব্যবহারের জন্য আলোর তিনটি গুণ আমাদের কাজে আসিবে। এই গুণ তিনটি হইল প্রতিফলন (reflection) নিয়ম, প্রতিসরণ (refraction) নিয়ম এবং বিচ্ছিন্ন (dispersion) নিয়ম।

(ক) প্রতিফলন নিয়ম (Law of Reflection)

আলো যে নিয়মে একটি মসৃণ তল (surface) হইতে প্রতিফলিত হয় সেই নিয়মকে 'প্রতিফলন নিয়ম' (law of reflection) বলে। একটি তলের উপবিশ্ব যে কোন একটি বিন্দুতে খাড়াভাবে একটা রেখা (perpendicular line) টানিলে ঐ রেখাকে (normal) বা লম্বরেখা বলে। আলোর বস্তু তলের উপর (upon the surface) পতিত হইয়া লম্বরেখার সহিত যে কোণ (angle) উৎপন্ন করিবে সে কোণকে 'প্রাথমিক কোণ' (angle of incidence) বলে। প্রতিফলিত হইয়া আলোর বস্তুটি লম্বরেখার সহিত যে কোণ করিবার তল হইতে ফিবিয়া আসে সেই কোণকে 'প্রতিফলন কোণ' (angle of reflection) বলে। প্রতিফলনের নিয়মানুসারে 'প্রাথমিক কোণ' এবং 'প্রতিফলন কোণ'-এর পরিমাণ একই হইবে এবং বস্তু দুইটি একই সমতলে অবস্থিত থাকিবে

(পাশের চিত্র দেখুন)।

লক্ষ্য করুন যে যদি আলোর বস্তু খাড়াভাবে তলের উপর পতিত হয় তাহা হইলে খাড়াভাবেই ইহা ফিবিয়া আসিবে।



চিত্র—প্রতিফলন নিয়ম

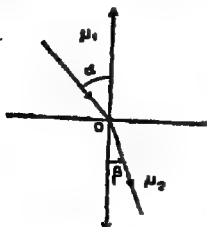
(খ) প্রতিসরণ নিয়ম (Law of Refraction)

আলো যখন এক প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যম হইতে অন্য প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন ইহা দিক পরিবর্তন করে। গতিপথে যখনই আলো দুইটি অসমান ঘনত্বের সীমাবদ্ধতার আসে তখনই সীমাবদ্ধতা অতিক্রম করিবার সময় লম্বরেখা হইতে একটি বৃহত্তর কোণে কিংবা লম্বরেখার সহিত ক্ষুদ্রতর কোণে সীমাবদ্ধতা হইতে নির্গত হয়। যে-কোন স্বচ্ছ পদার্থের (কাচ, পানি ইত্যাদি) 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) দ্বারা ইহার আলোর সহিত সম্পর্ক নির্ধারণ করা হয়। মহাশূন্য (vacuum) এবং স্বচ্ছ পদার্থে স্বাভাবিক আলোর গতি নির্ণয়

কবিয়া উহাদের অনুপাত নইলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় সেই সংখ্যাকে ঐ স্বচ্ছ পদার্থের 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) বলে। বস্তু যত বেশী ঘন হইবে তাহাব প্রতিসরণ সূচক ততই বেশী হইবে। বাতাস অপেক্ষা কাচের প্রতিসরণ সূচক বেশী। আলো একরূপ পদার্থ হইতে অপরূপ পদার্থের ভিতর প্রবেশ কবিবাব সম্বন্ধে কিছুটা বাঁকিয়া যাব (bending of beam)। হাল্কা পদার্থের মধ্য হইতে ঘন পদার্থের মধ্যে প্রবেশ কবিবাব সম্বন্ধে আলোব রশ্মি লম্ববেখার দিকে বাঁকিয়া যাব। একইরূপে, ঘন পদার্থ হইতে হাল্কা পদার্থের মধ্যে প্রবেশ কবিবাব সম্বন্ধে আলোব রশ্মি লম্বরেখা হইতে দূরে বাঁকিয়া যাব (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



নিম্নের চিত্রে মনে ককন আলোব রশ্মি এক পদার্থ হইতে অপর পদার্থের ভিতর প্রবেশ কবিবাব সম্বন্ধে লম্ববেখার সহিত α কোণ উৎপন্ন করিল এবং দ্বিতীয় পদার্থের ভিতর প্রবেশ কবিবাব পর্ব লম্ববেখার সহিত β কোণ উৎপন্ন করিল। মনে ককন μ_1 এবং μ_2 যথাক্রমে উহাদের প্রতিসরণ-সূচক (চিত্র দেখুন)।

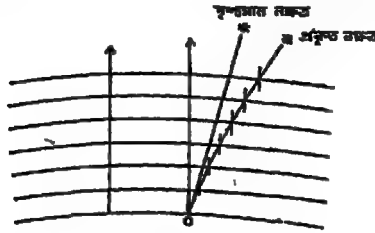


Snell এর নিয়মানুসারে, $\mu_1 \sin \alpha = \mu_2 \sin \beta$

পৃথিবীর উপরিস্থ বায়ুমণ্ডলের সর্বত্র বাতাস সমানভাবে ঘন নহে। প্রকৃতপক্ষে ভূ-পৃষ্ঠের নিকটতম স্তরের বাতাস সর্বাপেক্ষা ঘন। তাবপর্ব যতই উপরে দিকে যাওয়া যায় ততই বাতাস অপেক্ষাকৃত হাল্কা মনে হইবে। বায়ুমণ্ডলস্থ বাতাসের এই অসমান ঘনত্বের জন্য সূর্য হইতে আগত আলোক রশ্মি

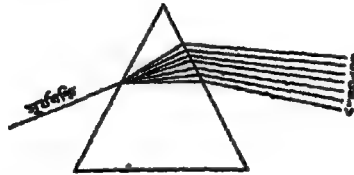
বাতাসের এই অসমান ঘনত্বের জন্য সূর্য হইতে আগত আলোক রশ্মি

বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া চলিবাব সময় অবিবর্ত বাঁকিয়া যায়। ইহাব ফলে আমবা কোন নক্ষত্রকে ইহার প্রকৃত দিকেব (direction) পবিবর্তে অপেক্ষাকৃত অধিকতব উচ্চতাব দেখিতে পাই (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

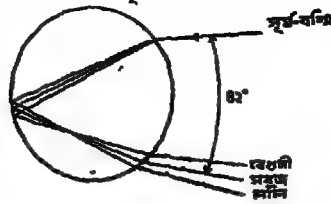


(গ) বিচ্ছেদ নিয়ম (Law of Dispersion)

এই নিয়মানুসারে সূর্যেব আলোব মধ্যস্থ বিভিন্ন দৈর্ঘ্যেব আলো পবস্পব বিচ্ছিন্ন হইবা স্বকীয়ভাবে প্রকাশিত হইবা বিভিন্ন বং-এব আলো সৃষ্টি কবে। সাধারণতঃ আলোর বস্তু যখন কাচেব প্রিজমেব মধ্য দিবা যাব তখন এই বিচ্ছেদ প্রক্রিয়া ঘটে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



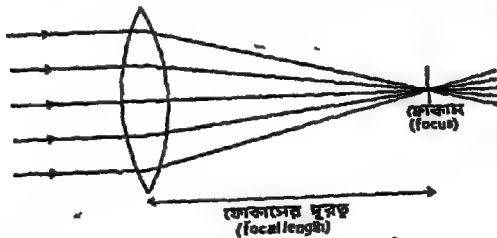
সূর্যবস্তুবিব বিচ্ছেদ-নিয়মেব প্রমাণ আমবা বংখনুতে দেখিতে পাই। বৃষ্টি-বিন্দুগুলিব-প্রত্যেকে এক একটী প্রিজমেব কাজ কবিবা থাকে। সূর্যেব আলো বৃষ্টি-বিন্দুেব উপব পতিত হইবা প্রতিসব্ধেব ফলে বাঁকিয়া যাব এবং বিচ্ছিন্ন হব। ইহাব পব বৃষ্টি-বিন্দু হইতে বাহিব হইবা আসিবাব সময় পুনবায সূর্যবস্তু বাঁকিয়া যাব। নীল এবং বেগুনী বং-এব আলো প্রতিসরণ হাবা সবচেয়ে বেশী প্রভাবাযিত হব। সূর্যবস্তু বৃষ্টি-বিন্দুেব যে 'দিকে প্রবেশ কবে সেই দিকেই আবাব বাহিব হইবা আসে (পব পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।



সাধারণতঃ আলো স্বর্ষ্ট-বিন্দু হইতে প্রায় 82° কোণে বাহিৰ হইয়া আসে। অবশ্যই স্বর্ষ যে দিকে থাকে তাহাব উল্টা দিকে বঞ্ছন দেখা যায়। স্বর্ষ এবং চন্দ্ৰের চাবিদিকে সময় সময় আংটিব মত ব্লকিন হ্যালো (halo) দেখা যায়। ইহা প্রতিসৰ্ণের ফলে হইবা থাকে।

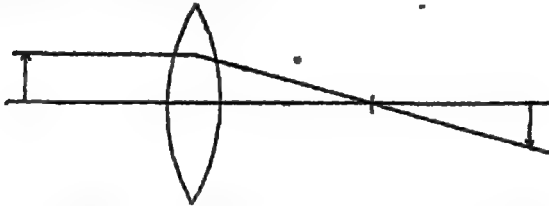
৫.৩ লেন্সের সাহায্যে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি (Formation of image by a lens)

প্রতিফলন এবং প্রতিসৰ্ণ নিবন্ধেব সাহায্যে আমবা বাবতীৰ লেন্সেব হাবা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের রূপ নির্ণব কবিত্তে পাবি। প্রথমে আমবা একট কন্ভেক্স লেন্সেব সাহায্যে প্রতিবিম্বের রূপ বর্ণনা কবিব। নিম্নের চিত্রে একট কন্ভেক্স লেন্স (convex lens) প্রদর্শিত হইল।



মনে ককন দৃববর্তী কোন নক্ষত্র হইত্তে আলোব বস্তুসমূহ সমান্ত-বালভাবে আসিবা লেন্সেব উপব পতিত হইল। কন্ভেক্স লেন্স মধ্যখানে পুৰ এবং প্রান্তেব দিকে গাতলা হইবা থাকে। সমান্তবাল বস্তুসমূহ প্রতিসৰ্ণের প্রভাবে লেন্স হইত্তে বাহিৰ হইয়া একট বিন্দুতে (ফোকাস) মিলিত হয় এবং নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব (image) সৃষ্টি

করে। এই বিন্দুকে লেন্সের ফোকাস (focus) বলে। লেন্সের মধ্যাংশে হইতে এই বিন্দুর দূরত্বকে ফোকাসের দূরত্ব বা ফোকাস-দূরত্ব (focus length) বলে। একটি লেন্স বা ঐ জাতীয় কোন যন্ত্র (device)-কে objective বলে। ইহার সাহায্যে দূরবর্তী কোন নক্ষত্র বা জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা হয়। আমরা লক্ষ্য করিযাছি যে, দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব শুধুমাত্র একটি বিন্দু বিশেষ। অপেক্ষাকৃত নিকটবর্তী জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব আমরা অনুকূপ পদ্ধতিতে পাইতে পারি। মনে করুন চন্দ্র হইতে আলো আসিবা একটি লেন্সে পতিত হইতেছে। এখানে চন্দ্রের বিভিন্ন অংশ হইতে সমান্তরাল আলো আসিবা লেন্সের উপর পতিত হয় এবং উহার অপব পার্শ্বে বিভিন্ন অংশের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। আমরা যদি লেন্সের ফোকাসের বাহিবে একটি কার্ড বা সাদা কাগজ লেন্সের সমান্তরালে ধরিবা বাখি তাহা হইলে আমরা চন্দ্রের প্রতিবিম্ব পাইব (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



৫.৪. (ক) প্রতিসরণ টেলিস্কোপ (Refracting telescope)

একটি সাধারণ টেলিস্কোপে দুইটি কন্ভেক্স লেন্স থাকে। লেন্স দুইটি একটি টিউবে এমনভাবে বসানো হয় যে উহাদের মধ্যে দূরত্ব উভয়ের ফোকাল দূরত্বের যোগফলের সমান (চিত্র দেখুন)।



লেন্স দুইটির মধ্যে একটি অপেক্ষাকৃত বড়। ইহাকে objective বলে এবং ইহাতে আকাশে দূরবর্তী নক্ষত্রের আলো আসিবা পতিত

হয়। Objective-এর ফোকাল দূরত্ব অপেক্ষাকৃত বড় লওয়া হয়। নক্ষত্র হইতে আলো আসিবা objective-এ পতিত হইবা ইহার

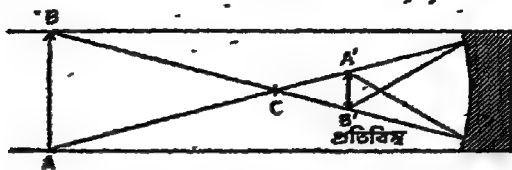
ফোকাসে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। দ্বিতীয় লেন্সকে Eye piece বলে। Objective লেন্স দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বকে আমরা উল্টাভাবে দেখিতে পাই। এই প্রতিবিম্বকে আমরা যখন eye piece-এর সাহায্যে দেখি তখন প্রতিবিম্বকে বড় আকারে দেখিতে সক্ষম হই। Eye piece-টি একটি ছোট টিউবের ভিতর সংযুক্ত থাকে এবং এই ছোট টিউবকে বড় টিউব বরাবর টানা যায়। ইহাতে eye piece-কে সুবিধামত স্থানে টানিয়া প্রতিবিম্বকে অপেক্ষাকৃত স্পষ্ট এবং বড় আকারে দেখা যাইতে পারে।

যখন ক্রমশঃ বড় বড় টেলিস্কোপ তৈরী করা হইল তখন দেখা গেল যে প্রতিবিম্বগুলি বড় হব সত্য কিন্তু তাহাৰা সেই সঙ্গে ঝাপসা হইয়া যায় এবং শুধু তাহাই নহে আলো বিচ্ছিন্ন (dispersion) হওবার ফলে প্রতিবিম্বগুলি বিকৃত হইয়া যাব। আধুনিক কালে নানা প্রকার উপায় উদ্ভাবনের ফলে এই সমস্ত অসুবিধা দূর করা হইয়াছে। বিভিন্ন বক্রতা বিশিষ্ট এবং বিভিন্ন প্রকার কাচ দ্বারা তৈরীকৃত লেন্সের সাহায্যে বর্তমান কালে পবিকার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা সম্ভব হইয়াছে। প্রতিসরণ টেলিস্কোপের সাহায্যে আকাশের বিভিন্ন এলাকার ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা সম্ভব। একটি টেলিস্কোপের aperture বলিতে object লেন্সের ব্যাসকে বুঝায়। Object লেন্সের ব্যাস যত বড় হইবে টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্যও তত বড় হইবে। সাধারণ প্রতিসরণ টেলিস্কোপে aperture এবং ফোকাস দৈর্ঘ্যের অনুপাত সাধারণতঃ ১ : ১৫ অর্থাৎ যে টেলিস্কোপের aperture ১২ ইঞ্চি সেই টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্য ১৫ ফুট হইবে।

(খ) প্রতিফলন টেলিস্কোপ (Reflecting telescopes)

যদি সুবিধামত একটি বাঁকা আয়ত্মি (curved mirror) লওয়া যায় তাহা হইলে আমবা দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব পাইতে পারি। পব-পৃষ্ঠার চিত্রে একটি concave mirror বা চন্দ্রাকৃতি বাক আয়ত্মি দেখানো হইয়াছে।

এই আরশির সাহায্যে AB বহু ইহঁতে আলো আরশিতে প্রতিফলিত হইয়া A'B' প্রতিবিম্ব সৃষ্ট হইবে। অনেক টেলিস্কোপের object-কে



লেন্স না লইয়া আরশি নওয়া হয়। এইরূপ টেলিস্কোপকে প্রতিফলনশীল বা প্রতিফলন-টেলিস্কোপ (Reflecting telescope) বলে। এই টেলিস্কোপে প্যারাভোলাকৃতির আরশিকে object-রূপে ব্যবহার করা হয়। নক্ষত্র ইহঁতে আগত আলো আরশি দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া টিউবের মধ্যস্থলে প্রতিবিম্ব সৃষ্ট করে। এই প্রতিবিম্বকে আর একটি আরশি দ্বারা প্রতিফলিত করা হয়।

(গ) টেলিস্কোপের সংস্থাপন (Mounting of telescopes)

আকাশে জ্যোতিষ্কের গতিপথ দেখিবার জন্য টেলিস্কোপকে এমন ভাবে সংস্থাপন করা হয় যেন উহাকে দুইটি অক্ষরেখার (axis)-কে অবলম্বন করিয়া আবর্তন করা যাব। পৃথিবীর অক্ষরেখাকে Polar axis বা মেরুরেখা বলে। এই মেরুরেখা সর্বদা জ্বল নক্ষত্রের দিকে স্থির থাকিবে। অতএব কোন স্থানের অক্ষাংশের (latitude) জ্ঞান ইহঁতে আমরা সহজে মেরুরেখার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। যদি আমরা এই মেরুরেখাকে অবলম্বন করিয়া উহার চারিদিকে টেলিস্কোপকে আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা মহাবিষুবের সমান্তরাল এক মহাহস্তের সদৃশ থাকিবে। এই অবস্থার টেলিস্কোপ যে-কোন নক্ষত্রের গতিপথে থাকিবে।

আবার মেরুরেখার সহিত লম্বভাবে নতিরেখা (declination axis) অবস্থিত। আমরা যদি এই নতিরেখার চারিদিকে টেলিস্কোপ আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা একটী কাল-হস্ত (hour circle) আবর্তন করিবে।

প্রত্যেক অক্ষের সহিত একটি কোণ মাপিবাব যন্ন সংযুক্ত কৰা থাকে । ইহাদেব সাহায্যে কোণিক-কাল (hour angle) এবং বাইচ অ্যাসেন-শান মাপা যায় ।

প্রশ্নমালা—৫

১। একটি নক্ষত্ৰেব উজ্জলতান্ন স্বন্ধি বা ক্ষয় কিঞ্চপ হইবে যদি ইহাকে
ষিঙগ দূৰ্বে লওয়া হয় ,
দশঙগ দূৰ্বে লওয়া হয় ;
অৰ্বেক দূৰ্বে আনা যায় ।

২। প্ৰতিসৰণেব ফলে সূৰ্যোদয়েব পূৰ্বেই সূৰ্যকে দেখা যায় এবং তেমনি সূৰ্যোদয়েব পৰও সূৰ্যকে দেখা যায় । বায়ুমণ্ডলে প্ৰতিসৰণেব ফলে একটি দিনেব দৈৰ্ঘ্য কতটা স্বন্ধি পাইয়া থাকে ?

৩। ২০০ ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট aperture-এব টেলিস্কোপে (যোকাস দূৰ ৬৬০ ইঞ্চি) চন্দ্ৰেব প্ৰতিবিম্ব কত বড় দেখা যাইবে ?

৪। যখন কোন আলোক-বস্তু কাচেব একটি প্ৰিজমেব মধ্য দিয়া যায় তখন কি পৰিবৰ্তন ঘটে তাহা বৰ্ণনা কৰুন ।

৫। দুইট কনভেক্স লেন্স দ্বাৰা একটি টেলিস্কোপ ঠেতাব কৰা হইলে প্ৰত্যেকট লেন্সেব কাৰ্য্য কি হয় তাহা বৰ্ণনা কৰুন ।

৬। কোন অভজাবভেটবীতে পৰ্যটকেবা আসিলে সাধাবণতঃ এই সমস্ত প্ৰশ্ন তাঁহাবা কবে । আপনি এই সমস্ত প্ৰশ্নেব কি উত্তৰ দিবেন ?

(ক) এই টেলিস্কোপ প্ৰতিবিম্বকে কতটা বড় কৰিতে সক্ষম ?

(খ) এই টেলিস্কোপ কি নক্ষত্ৰ এবং গ্ৰহ উভয়েব প্ৰতিবিম্বকে বড় (magnify) কৰিতে পাবে ?

(গ) এই টেলিস্কোপেব সাহায্যে আপনি কতদূৰ দেখিতে পাবেন ?

ষষ্ঠ অধ্যায়

চন্দ্র

(THE MOON)

চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী এবং ইহা পৃথিবীর চারিদিকে ঘূৰিতেছে বলিয়া ইহাকে আমরা উপগ্রহ (satellite) বলি। চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্যের আলো পতিত হইলে চন্দ্র আলোকিত হয়। চন্দ্র আকাশে দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম জ্যোতিক। চন্দ্র সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকগণ সৰ্বাপেক্ষা অধিক তথ্য আবিষ্কার কৰিতে সক্ষম হইয়াছেন। অধুনাকালে চন্দ্রে মানুষ প্রেরণ সম্বন্ধে প্রচেষ্টা চলিতেছে।

অস্বাভ্য জ্যোতিষের তুলনায় চন্দ্রের গতি সৰ্বাপেক্ষা অধিক। আকাশে চন্দ্র প্রায় সূর্যের মতই বড় দেখায়। চন্দ্রের প্রতিপদ হইতে পূৰ্ণিমা এবং অমাবস্যা পর্যন্ত বিভিন্ন “কলা” (phases) আছে।

৬.১. (ক) চন্দ্রালোক (Moon light)

চন্দ্রের বিশেষ গুণ হইল ইহাব আলো। আমরা চন্দ্র হইতে যে আলো পাই তাহাব পরিমাণ বিশেষরূপে পরিবর্তনশীল। পূৰ্ণিমায় ব্যক্তিতে চন্দ্রালোক এত উজ্জ্বল হয় যে আমরা প্রায় ব্যক্তিবোলা এই আলোতে বহি পড়িতে পাবি। ইহাব তুলনায় প্রথম সপ্তাহেব শেষে আমরা মাত্র শতকরা ১০ ভাগ আলো পাই। আবার প্রতিপদের পৰ প্রথম যখন আকাশে চন্দ্রোদয় হয় তখন ইহাব আলোব পরিমাণ শতকরা $\frac{১}{১০০,০০০}$ ভাগ মাত্র। পূৰ্ণিমায় চাঁদের আলো উজ্জ্বল হওয়া সত্ত্বেও সূর্যালোকের তুলনায় এই আলো মাত্র $\frac{১}{৪০০,০০০}$ অংশ।

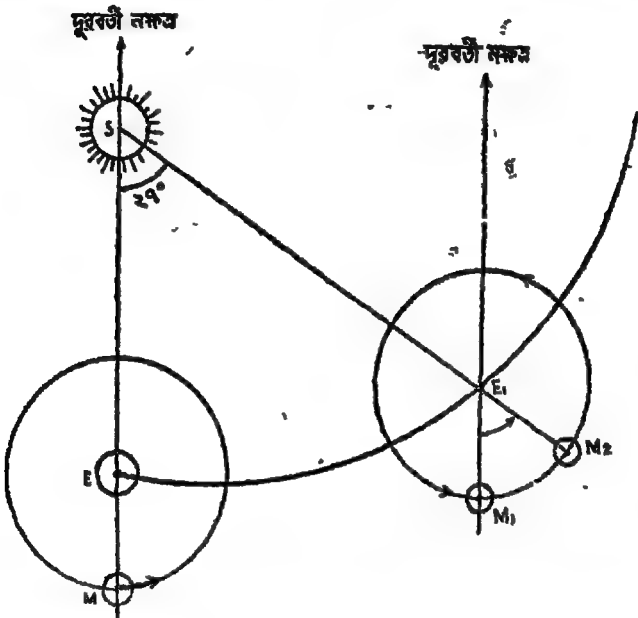
সূর্যালোক চন্দ্রের উপর হইতে প্রতিফলিত হইয়া ফিৰিয়া আসে। চন্দ্রের “প্রতিফলন শক্তি” (reflecting power) কত আমরা তাহা নির্ণয় কৰিতে পাবি। সূর্যের দৃবের তুলনায় মোটামুটিভাবে বলা যায় যে পৃথিবী ও চন্দ্র, সূর্য হইতে প্রায় একই দূৰে অবস্থিত। স্ততবাং পৃথিবীর উপর প্রতি বর্গইঞ্চি পৰিমিত স্থানে যে আলো পতিত

হয় তাহা চন্দ্র-পৃষ্ঠের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে পতিত আলোর সমান। এই আলো যদি সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত (reflected) হইত তাহা হইলে চন্দ্র ১৪ ও ৭ বেশী আলোকিত দেখাইত। চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত আলোর যে অংশ প্রতিফলিত হয় সেই অংশ (fraction)-কে “আলবেডো” (albedo) বলে। চন্দ্রের আলবেডো প্রায় ০.০৭। প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত সূর্যালোকের প্রায় সবটুকুই চন্দ্র কর্তৃক শোষিত (absorbed) হয়। ইহাব উপবিভাগ হৃত। শোষিত আলো চন্দ্র-পৃষ্ঠকে উত্তপ্ত করে এবং পবিশেষে তাপের আকাষে ছড়াইয়া পড়ে। যখন চন্দ্রের আলোকিত অংশ একটি সৰু “কালিস” (crescent) মত আমবা দেখিতে পাই তখন ইহার অন্ধকার অংশকেও অত্যন্ত আবছা (faintly) দেখা যায়। লিওনার্ডো-ডা-ভিন্সি (১৪৫২-১৫১৯) প্রথম ইহাব কারণ আবিষ্কার করিয়া বলে যে, পৃথিবীর উপর পতিত আলো প্রতিফলিত হইয়া চন্দ্রের উপবোজ্ঞ অংশকে আবছা দেখায়।

(খ) সাইডেরিয়াল এবং সাইনডিক মাস (Sidereal and synodic months)

আকাশে অগ্ৰাণ নক্ষত্রের তুলনায় পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিয়া আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৭ দিন ৭ ঘণ্টা ৪৩ মিনিট ১১.৫ সেকেন্ড সময় লাগিবে। ইহাকে চন্দ্রের সাইডেরিয়াল মাস (sidereal month) বলে। কিন্তু এই সময়ে পৃথিবী আপন কক্ষপথের চতুর্থাংশ বা ২৭° পরিভ্রমণ করে। অতএব সূর্যকে প্রায় ২৭° পূর্বদিকে এগ্রিপ-টকের উপর সন্নিবিষ্ট বাইতে দেখা যাইবে। অতএব এই সময়ে অর্থাৎ এক সাইডেরিয়াল মাসে সূর্যের তুলনায় চন্দ্র একই অবস্থায় আসিতে সক্ষম হইবে না। ইহাব ফলে এক অমাবস্যা হইতে অপর অমাবস্যা পর্যন্ত সময় সাইডেরিয়াল মাস অপেক্ষা অধিক হইবে। কারণ চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি বা “কলা” (phases) সূর্যের তুলনায় ইহাব অবস্থানের উপর নির্ভর করে। প্রকৃত পক্ষে সূর্যের তুলনায় একই অবস্থায় ফিবিয়া আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৯ দিন ১২ ঘ ৪৪ মি - ২৪ সেকেন্ড সময় লাগে।

এই সময়কে চন্দ্রের সাইনডিক মাস (synodic month) বলে। আমরা প্রথম অধ্যায়ে সাইডেরিযাল এবং সাইনডিক “কাল” (period) সম্বন্ধে আলোচনা করিয়াছি। এখানে চন্দ্রের সাইডেরিযাল এবং সাইনডিক মাসের প্রভেদ চিত্রের সাহায্যে প্রদর্শিত হইল।



চিত্রে S, E এবং M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের অবস্থান। এক সাইডেরিযাল মাস (২৭ দিন ৭ ঘ. ৪৩ মি. ১১'৫ সেক.) পর পৃথিবী কক্ষপথে ২৭° দূরে E₁ স্থানে এবং চন্দ্র M₁ স্থানে আসিবে। এই অবস্থায় চন্দ্র নক্ষত্রের তুলনায় আপন অবস্থায় ফিবিয়া আসিবে। কিন্তু সূর্যের তুলনায় আপন অবস্থায় আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৯ দিন লাগিবে। M₂ স্থানে আসিলে চন্দ্রের সাইনডিক মাস পূর্ণ হইবে।

(গ) আকাশে চন্দ্রের পরিলক্ষণ পথ

আকাশে অস্তুত নক্ষত্রের অবস্থানের তুলনায় চন্দ্র আপন কক্ষপথে দৈনিক প্রায় ১০° পূর্বদিকে সরিয়া যায়। মহাগোলকের উপর

চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথ একটী মহাবৃত্তৰ (great circle) বেথা অঙ্কন কৰে। চন্দ্ৰেৰ এই কক্ষপথ এক্লিপটিক (ecliptic) বা পৃথিবীৰ কক্ষপথৰ সহিত ৫° কোণে হেলিষা আছে। চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথ এবং পৃথিবীৰ কক্ষপথ পৰস্পৰ দুইটি বিন্দুতে ছেদ কৰিষাছে। এই দুইটি বিন্দুকে নোড্‌স (nodes) বলে। চন্দ্ৰ পৃথিবীৰ নিকটে আছে বলিষা চন্দ্ৰেৰ উপৰ পৃথিবীৰ আকৰ্ষণ সৰ্বাধিক। কিন্তু ইহা সত্ত্বেও সূৰ্য এবং অগ্ৰাণ্ড গ্ৰহেৰ ক্ষীণ আকৰ্ষণেৰ ফলে চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথেৰ স্থিৰতা কিছুটা নষ্ট হয়। এইজন্য এই কক্ষপথেৰ সামান্য পৰিবৰ্তন লক্ষ্য কৰা যায় এবং এই পৰিবৰ্তনেৰ ফলে নোডাল বিন্দুৰ (nodal points) ক্ৰমশঃ পশ্চিম দিকে সৰিতে থাকে এবং প্ৰায় $১৮^\circ ৬'$ বৎসৰে সম্পূৰ্ণভাবে ঘূৰিষা পূৰ্বাবস্থায় ফিৰিষা আনে। নোডাল বিন্দুৰ এই গতিকৈ নোডেৰ পশ্চাদপসৰণ (regression of nodes) বলে। ইহা ছাড়া বহিৰ্বিশেষ জ্যোতিৰ্দেব ক্ষীণ আকৰ্ষণেৰ ফলে চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথেৰ তল পৃথিবীৰ কক্ষতলেৰ সহিত স্থিৰ ৫° -এৰ পৰিবৰ্তে $৪^\circ ৫১'$ হইতে $৫^\circ ১৮'$ পৰ্যন্ত কোণ উৎপন্ন কৰিষা থাকে। এইজন্য চন্দ্ৰেৰ কক্ষতল মহাবিষুব (Equator)-এৰ তলেৰ সহিত $২৩\frac{১}{২}^\circ + ৫^\circ = ২৮\frac{১}{২}^\circ$ হইতে $২৩\frac{১}{২}^\circ - ৫^\circ = ১৮\frac{১}{২}^\circ$ কোণ উৎপন্ন কৰে।

(ঘ) চন্দ্ৰোদয়ে বিলম্ব (Delay in moon rise)

আমবা উল্লেখ কৰিষাছি যে, চন্দ্ৰ দৈনিক আপন কক্ষপথে প্ৰায় ১০° পূৰ্বদিকে সৰিষা যায়। অস্ত পক্ষে সূৰ্য কক্ষপথে প্ৰায় ১° পূৰ্বদিকে সৰিষা যায়। অতএব সূৰ্যেৰ তুলনায় চন্দ্ৰ দৈনিক ১২° পূৰ্বদিকে সৰিষা যাইতেছে। পৃথিবীৰ আৱিক গতিৰ জন্ম চন্দ্ৰকে দৈনিক পূৰ্বদিকে উদয় হইতে এবং পশ্চিম দিকে অস্ত যাইতে দেখা যায়। চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথে ১২° পূৰ্ব গতিৰ জন্ম দৈনিক চন্দ্ৰোদয়েৰ সময় প্ৰায় ৫০ মিনিট পিছাইষা যায়।

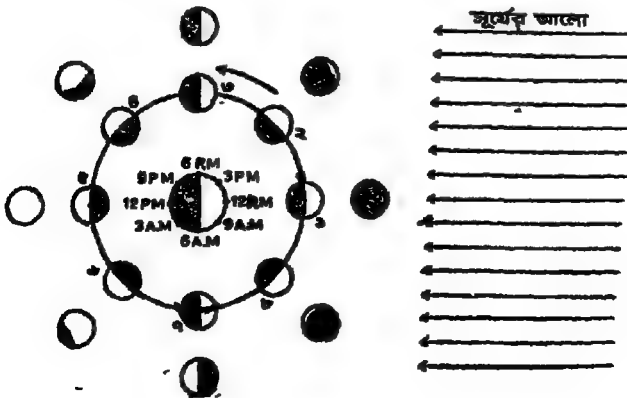
(ঙ) “Harvest Moon”

অটোম্নাল ইকুইনক্সেৰ নিকটে অবস্থান কালে যখন চন্দ্ৰেৰ পূৰ্ণিমা হয় সেই পূৰ্ণিমাৰ “হাৰভেষ্ট মুন” (Harvest moon) বলে। সূৰ্য

অটোমনাল ইকুইনক্সে (২১শে সেপ্টেম্বর) অবস্থান কালে পূর্ণিমার সময় চন্দ্র পৃথিবীর বিপরীত দিকে অর্থাৎ ভারনাল ইকুইনক্সে অবস্থান করিবে। 'সুভরা' এই সময়ে চন্দ্র এবং ভাবনাল ইকুইনক্সেব তাবকা একই সময়ে উদয় হইবে। উত্তর অক্ষাংশস্থ স্থানসমূহে এরিপটিক্-সর্বাপেক্ষা কম কোণ উৎপন্ন করে এবং ইহাব ফলে চন্দ্র দিগন্ত বেখাৰ খাড়াভাবে উদয় হইবে। পূর্ণিমার পৰ পর কয়েকদিন চন্দ্রের আপেক্ষিক গতি প্রায় দিগন্তরেখার সমান্তরাল হওয়ার জন্য বৎসবের অন্ত সময়েৰ তুলনায় চন্দ্র সূর্যাস্তের পৰ পর তাড়াতাড়ি উদয় হইয়া থাকে। সুভাব সেপ্টেম্বর মাসের শেষ এবং অক্টোবর মাসের প্রথম দিকে পূর্ণিমাব পূর্বে এবং পৰে কয়েক রাত্রি ধরিয়া সন্ধ্যাবেলায চন্দ্রালোক বেশী পরিমাণ পাওয়া যায় এবং শীতপ্রধান দেশের কৃষকেবা এই আলোতে কৃষিকার্য অধিক সম্ভব পৰ্বন্ত করিতে স্ৰবোগ পাৰ। এইজন্য এই পূর্ণিমাকে "হার্ভেস্ট মুন" (Harvest moon) বলে।

(৬) চন্দ্রের "কলা" এবং ইহার হ্রাস-বৃদ্ধি (Phases, Waning and waxing of the Moon)

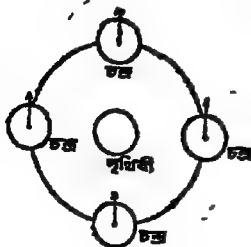
পুরাতন কালের মানুষ চন্দ্রের হ্রাস-বৃদ্ধি কেন হয় তাহা পৰিকাৰ-ভাবে বুঝিতে পারিবাছিলেন। আজকাল অতি সহজেই "কত দিনেব চাঁদকে কোথায দেখিব" তাহা আমরা অনুমান করিতে পাৰি। নিয়েৰ চিত্রে আমরা পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তনশীল চন্দ্রের বিভিন্ন অবস্থানেৰ বর্ণনা দিলাম।



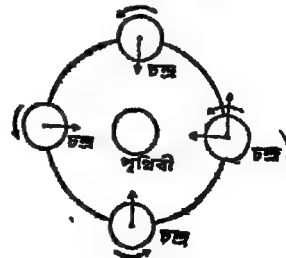
মনে ককন চন্দ্ৰ অসম্ভৱ দিৱ ১নং অবস্থানে আছে। এই দিন চন্দ্ৰ, সূৰ্য্য এবং পৃথিবীৰ মাক্থানে অবস্থিত। ২ হইতে ৮ নং পর্যন্ত অগ্ৰাণ্ত অবস্থান প্রদৰ্শন কৰা হইয়াছে। প্রত্যেক অবস্থানেৰ পাৰ্থে পৃথিবী হইতে চন্দ্ৰ কিৰূপ দেখাইবে তাহা দেখানো হইয়াছে। ভূ-পৃষ্ঠে যে কোন স্থানেৰ টিক মধ্যাকাশে বিভিন্ন অবস্থানেৰ চন্দ্ৰকে কোন্ সময়ে দেখা যাইবে তাহাও প্রদৰ্শিত হইল। যেমন ৭ দিনেৰ চন্দ্ৰকে সন্ধ্যা ৬টাৰ সময় মধ্যাকাশে দেখা যাইবে। যখন চন্দ্ৰ গিব্বাস্, (Gibbous) আকাৰ (৪ নং অবস্থান) তখন বাত্ৰি ৯ টাৰ সময় ইহাকে মধ্যাকাশে দেখা যাইবে।

(ছ) চন্দ্ৰেৰ আপন অক্ষের চাৰিদিকে আবৰ্তন (Rotation of the moon)

আমবা সকলেই জানি যে আমবা সৰ্বদাই চন্দ্ৰেৰ একই দিক দেখিতে পাই। চন্দ্ৰেৰ খালাব মধ্যে আমবা একই চিত্ৰ সৰ্বদা লক্ষ্য কৰি। এইজন্য অনেকে হত মনে কৰিবেন যে চন্দ্ৰ আপন অক্ষেৰ (axes) চাৰিদিকে আবৰ্তন কৰে না। ইহা সত্য নহে। নিম্নেৰ চিত্ৰে ↑ চিহ্ন দ্বাৰা চন্দ্ৰেৰ উপৰ বিশেষ "লক্ষণ" বা "ছবি" বুঝানো হইতেছে। মনে ককন চন্দ্ৰ পৃথিবীৰ চাৰিদিকে আবৰ্তনকালে, আপন অক্ষেৰ চাৰিদিকে না ঘূৰিবা একইৰূপ অবস্থায় আছে। তাহা হইলে এক চান্দ্র মাসে (lunar month) বিভিন্ন অবস্থানে চন্দ্ৰকে ১ নং তিথ্যেৰ মৰ্মানুযায়ী এমনভাবে দেখিব যে বিশেষ লক্ষণটিকে কখনও কখনও দেখিতে পাইব না।



১ নং চিত্ৰ



২ নং চিত্ৰ

কিন্তু যদি চন্দ্র আপন অক্ষের চারিদিকে আবর্তন করিতে থাকে তাহা হইলে ২৭৬ চন্দ্রের সন্ধানস্বামী বিশেষ লক্ষণটিকে ভূ-পৃষ্ঠ হইতে সর্বদাই দেখিতে পাইব। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পৃথিবীর চারিদিকে চন্দ্রের আবর্তন কাল (Period of revolution) এবং আপন অক্ষের চারিদিকে ইহার আবর্তন-কাল (Period of rotation) সমান। ভূ-পৃষ্ঠের বিশাল জলবাণীক আকর্ষণের ফলে চন্দ্রের উভয় আবর্তন-কাল সমান বলিয়া পণ্ডিতগণ অনুমান করেন। চন্দ্রের সব অংশই সূর্যের আলোকে আলোকিত হয়। তবে আমরা মাত্র একই অর্ধাংশ সর্বদা দেখি।

৬২ চন্দ্রের দূরত্ব এবং আকার (Moon's distance and size)

অগাধ জ্যোতিষ্কের তুলনায় চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। ৩০টি পৃথিবীকে পাশাপাশি রাখিলে যে দূরত্ব অতিক্রম করা যায় চন্দ্র প্রায় সেই দূরত্বে অবস্থিত। নান্যভাবে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায়।

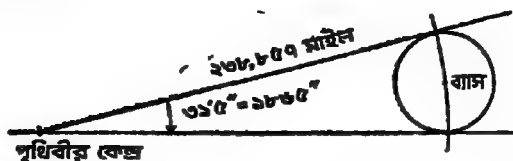
(ক) রাডারের সাহায্যে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় : বাড়ান হইতে বৈদ্যুতিক টেডের একটি Pulse যদি দ্রুততী কোন লক্ষ্যবস্তুতে পাঠানো হয় তাহা হইলে ঐ টেড লক্ষ্যবস্তুতে প্রতিফলিত হইয়া বাড়াবে ফিবিয়া আসিতে যে সময়ের প্রয়োজন হয় সেই সময়ের জ্ঞান হইতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব সহজে নির্ণয় করা যায়। যে-কোন মুহুর্তে চন্দ্রের অবস্থান জানা সহজ ব্যাপার। অতএব চন্দ্রের অবস্থানের দিকে টেড পাঠাইবা উহা ফিবিয়া আসিতে যে সময় প্রয়োজন সেই সময়কে t দ্বারা এবং আলোর গতিবেগ c দ্বারা প্রকাশ করিলে চন্দ্রের দূরত্ব d হইবে,

$$d = \frac{1}{2} c t.$$

এই উপায়ে জানা গিয়াছে যে, পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব ৩৮৪,৪০০ কিলোমিটার বা ২৩৮,৮৫৭ মাইল। এই দূরত্ব পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র পর্যন্ত লওয়া হইয়াছে।

(খ) চন্দ্রের ব্যাস নির্ণয় : পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস (angular diameter) নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার মান $৩১' ৫''$ হয়। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব এবং কৌণিক ব্যাস হইতে

গোলাকাক চন্দ্রের ব্যাস জ্যামিতির নিয়মাবলম্বনে নির্ণয় করা সহজ।
নিম্নের চিত্র দেখুন।



যেহেতু চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস অতি সামান্য এবং চন্দ্রের দূরত্ব কৌণিক ব্যাসের তুলনায় অনেক বেশী অতএব চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসকে আমবা স্বতাংশের সহিত সমান বলিয়া কল্পনা কবিতে পারি। যেহেতু একটি স্বস্ত কেন্দ্রের চাবিপাশে মোট $৩৬০ \times ৬০ \times ৬০ = ১,২৯৬,০০০''$, এবং যেহেতু,

$$\frac{১৮৬৫}{১২৯৬০০০} = \frac{১}{৬৯৫}$$

সুতরাং যে স্বস্তের ব্যাসার্ধ ২৩৮,৮৫৭ মাইল সেই স্বস্তের পবিসীমাকে $\frac{১}{৬৯৫}$ দ্বারা গুণ কবিলে চন্দ্রের ব্যাস পাওয়া যাইবে।

$$\text{চন্দ্রের ব্যাস} = \frac{২\pi \times (২৩৮,৮৫৭)}{৬৯৫} = ২১৬০ \text{ মাইল (প্রায়)}$$

সাধারণভাবে প্রকাশ কবিলে আমবা নিম্নকপ শুক্তি ব্যবহাব কবিতে পারি। মনে-ককন-একট জ্যোতিকেব (গ্রহ, উপগ্রহ) কৌণিক ব্যাস α'' এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে উহাব দূরত্ব R মাইল, তাহা হইলে জ্যোতিকেব ব্যাস, d হইবে,

$$d = \frac{\alpha R}{২০৬,২৬৫}$$

চন্দ্র সম্পূর্ণকপে গোলাকাক নহে বলিয়া উপবোক্ত ব্যাস নির্ভুল নহে।

৬৩ চন্দ্রের প্রকৃত কক্ষপথ

এক চান্দ্রমাসের বিভিন্ন সময়ে যদি পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায় তাহা হইলে দেখা যায় যে, এই দূরত্বের ন্যূনতম এবং সর্বাধিক মানের ব্যবধান শতকরা ১৪ ভাগ। কেপলাবেব প্রথম নিয়মানুসাবে প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র পৃথিবীর চাবিদিকে উপস্বত্বাকাবে (ellipse) প্রদক্ষিণ কবিতেছে। চন্দ্র যখন পৃথিবীর অতি নিকটে আসে

তখন ইহাব দূরত্ব ২২১,৪৬০ মাইল এবং যখন ইহা পৃথিবী হইতে সর্বাধিক দূরত্বে থাকে তখন ইহাব দূরত্বের পরিমাণ ২৫২,৭১০ মাইল হইয়া থাকে। কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত বলিয়া ইহাব eccentricity-এব. মান $\frac{১}{৮}$ । Eccentricity বলিতে আমবা ক্ষুদ্রতম এবং বৃহত্তম অক্ষ-রেখার দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে বুঝাই।

সূর্যের আকর্ষণ এবং পৃথিবীর আকর্ষণেব, তারতম্যেব জন্ম চন্দ্রেব কক্ষপথেব আকার কখনও কখনও পবিবর্তন হয়। আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি যে চন্দ্রের কক্ষপথ, পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত ৫° কোণে অবস্থিত এবং এই কৌণিক দূরত্বের মধ্যেও প্রভেদ সৃষ্টি হয়। ইহা ছাড়া নোডাল বিন্দুগুলিও কক্ষপথেব উপর দিয়া পশ্চিম দিকে সবিতে থাকে এবং ১৮.৬ বৎসরে আবাব ফিবিয়া আসে। ইহা ছাড়া চন্দ্রের কক্ষপথের বৃহত্তম অক্ষরেখা (major axis) প্রতি ৮.৮৫ বৎসবে দিক পবিবর্তন কবে।

উপবিল্লিখিত নানাকপ পরিবর্তনের ফলে চন্দ্রেব কক্ষপথ প্রকৃত উপবৃত্ত হইতে বেশ খানিকটা বিকৃত হইয়া থাকে। চন্দ্রগ্রহণেব সম্ভব নির্ণয়ের ব্যাপারে এই বিকৃতিকে অবহেলা করা চলে না। এইজন্ম বৈজ্ঞানিকেরা ২৭.২১২২ দিনে একটি nodical চান্দ্রমাস এবং ২৭.৫৫৫ দিনে একটি anomalistic চান্দ্রমাস ধরিয়া থাকেন।

চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূরত্ব, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বের মাত্র $\frac{১}{৩৯০}$ অংশ। পৃথিবীর চাৰিদিকে কক্ষপথে আবর্তনশীল চন্দ্রেব গতি বেগ প্রতি ঘণ্টায় ২২৮৭ মাইল। অথবা প্রতি সেকেন্ডে $\frac{১}{১০}$ মাইল। এই গতিবেগ পৃথিবীর গতিবেগেব $\frac{১}{৩৯}$ অংশ। সূর্যেব তুলনায় যদি চন্দ্রেব ভ্রমণ-পথ অংকন করা হয় তাহা হইলে ইহা পৃথিবীর কক্ষপথ হইতে সামান্য গৃথক বলিয়া মনে হইবে। পরস্পরেব আকর্ষণেব প্রভাবে দুইটি বস্তুর মধ্যে বৃহত্তরটি স্থির থাকিবে এবং ক্ষুদ্রতরটি ইহাব চাৰিপাশে আবর্তন কবিবে ইহা সম্ভব নহে। প্রকৃতপক্ষে উভয় বস্তুই তাহাদের বস্তুকেন্দ্র (centre of mass)-এব চাৰিদিকে ঘুরিতে থাকে। এই বস্তুকেন্দ্রকে Bary centre বলা হয়। পৃথিবী এবং চন্দ্রেব কেন্দ্র

সংযোগকারী সবলবেগাব উপর উহাদের বস্তুকেন্দ্র বা Bary centre অবস্থিত। ইহা পৃথিবীর নিকটে অবস্থিত থাকে। প্রকৃতপক্ষে এই Bary centre-ই সূর্যের চারিদিকে উপরন্তাকারে পবিভ্রমণ করে। বিন্দুটি কিন্তু একটি কাল্পনিক বিন্দু বিশেষ। আবার এই Bary centre-কে কেন্দ্র কবিয়া উহাব চারিদিকে চন্দ্ৰ-পৃথিবী এক সাইডেরিয়াল মাসে (প্রায় ২৭ দিন) ঘুরিয়া আসিতেছে। পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে Bary centre এর দূরত্ব প্রায় ২১০০ মাইল। চন্দ্ৰ-পৃথিবীর এই আবর্তন কল মঙ্গল গ্রহের অবস্থান হইতে বুঝিতে পারা যায়। এই গ্রহ প্রতি মাসে ইহাব আবর্তন পথ হইতে কখনও একটু দূরে এবং কখনও একটু নিকটে সবিধা আসে। ইহাব পবিমাণ প্রায় ১৭"।

৬৪ চন্দ্ৰের বস্তুর পরিমাণ (Mass of the moon)

দুইটি জ্যোতিষিকের বস্তুর পবিমাণ উহাদের Bary centre হইতে দূরত্বের সহিত বিপরীত অনুপাত প্রকাশ করে। পৃথিবী এই Bary centre হইতে যতটা দূরে, চন্দ্ৰ তদপেক্ষা ৮১ ৩ ভাগ বেশী দূরে অবস্থিত। অতএব পৃথিবীর বস্তুর তুলনায় চন্দ্ৰের বস্তুর পবিমাণ ৮১ ৩ ভাগ কম হইবে। কিন্তু পৃথিবীর বস্তুর পবিমাণ ৬.৬×১০^{২১} । অতএব চন্দ্ৰের

$$\text{বস্তুর পবিমাণ } \frac{৬.৬ \times ১০^{২১}}{৮১.৩} = ৮.১ \times ১০^{১৯} \text{ টন।}$$

অনেক সময় কুদ্রুতর গ্রহের উপর চন্দ্ৰের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবের জ্ঞান হইতে চন্দ্ৰের বস্তুর পবিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব। ইহা অনুমান করা হইতেছে যে, মানব নির্মিত উপগ্রহ (স্পুটনিক)-গুলির সাহায্যে চন্দ্ৰের বস্তুর পবিমাণ অধিকতর নিছুলভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইবে।

(ক) চন্দ্ৰের বস্তুর গড়পড়তা ঘনত্ব (Mean density): চন্দ্ৰের বস্তুর পবিমাণকে উহাব আয়তন দ্বারা ভাগ কবিলে আমবা গড়পড়তা ঘনত্ব নির্ণয় কবিত্তে পাবি। এইরূপে দেখা যায় যে চন্দ্ৰে অবস্থিত বস্তু গড়ে পানি (water) অপেক্ষা ০.০৪ ভাগ বেশী ভারী। ইহা পৃথিবীর ঘনত্বের প্রায় শতকরা ৬১ ভাগ।

(খ) চন্দ্রে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ (gravity of the moon) :
 আমরা জানি যে ভূ-পৃষ্ঠে মাধ্যাকর্ষণের শক্তির ফলে যে-কোন বস্তু
 উপর যে acceleration বা এক একক বস্তু উপর যে বল (force)
 উৎপন্ন হয় তাহাৰ পৰিমাণ a হইলে

$$a = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

এখানে G =মাধ্যাকর্ষণের সংখ্যা, M =পৃথিবীর বস্তুৰ পৰিমাণ এবং
 R =পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

যেহেতু চন্দ্রের বস্তুৰ পৰিমাণ পৃথিবীর বস্তুৰ ০.০১২০ অংশ এবং
 ইহার ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ০.২৭০, অতএব চন্দ্রের উপবিভাগে
 মাধ্যাকর্ষণজনিত acceleration a' হইলে

$$\frac{a'}{a} = \frac{0.012}{(0.27)^2} = 0.164 = \frac{1}{6} \text{ প্রায়।}$$

ইহার অর্থ এই যে, ভূ-পৃষ্ঠে যে পদার্থের ওজন ৬ টন পরিমাণ
 হইবে উহা চন্দ্র-পৃষ্ঠে মাত্র ১ টন ওজনের বল (force) অনুভব করিবে
 এবং ভূ-পৃষ্ঠে কোন উচ্চ স্থান হইতে একটি প্রস্তর ছাড়িয়া দিলে বড়টা
 জোরে ভূ-পৃষ্ঠে আসিতে থাকিবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে তদপেক্ষা ৬ ভাগ জোরে
 নামিতে থাকিবে।

(গ) Escape velocity : যদি একটি পদার্থ অপর একটি পদার্থের
 চাষিদিকে এমন গতিতে ভ্রমণ করিতে থাকে যেন দ্বিতীয় পদার্থের
 তুলনায় প্রথম পদার্থের পথ একটি 'প্যাবাবোলা'র আকার ধারণ করে
 তাহা হইলে প্রথম পদার্থটি দ্বিতীয় পদার্থের চাষিদিকে আবর্তন কালে
 ইহার মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব মুক্ত হইবা দ্বিতীয় পদার্থকে ছাড়িয়া চলিবা
 যাইবে। প্রথম পদার্থের এমন গতিকে Escape velocity বলে।

মনে করুন দুইটি পদার্থের বস্তুৰ পৰিমাণ যথাক্রমে m_1 এবং m_2
 উহাদের মধ্যে দূরত্ব r এবং উহাদের একটির অপবটির তুলনায় আপেক্ষিক
 বেগ V । যদি

$$V^2 = G (m_1 + m_2) \cdot \frac{2}{r} \text{ হয়,}$$

তাহা হইলে এক পদার্থ অত্র পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হইবে।

এখন মনে ককন যে, m_1 -এর তুলনায় m_2 -এর মান অত্যন্ত নগণ্য। এক্ষেত্রে আমবা পাই যে বৃহৎ একটি গোলাকায় পদার্থ (পরিমাণ M)-এর উপরিভাগ হইতে একটি ক্ষুদ্র পদার্থকে যদি

$$V = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

গতি বেগ লইয়া ছুঁড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে ইহা বৃহৎ পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবমুক্ত হইয়া চলিবা বাইবে। চন্দ্র হইতে ২'৩৮ কিলোমিটার অথবা ১২ মাইল বেগে একটি পদার্থকে ছুঁড়িয়া দিলে উহা চন্দ্রের মাধ্যাকর্ষণ ত্যাগ করিবা বাইবে।

৩৫. চন্দ্রের বায়ুমণ্ডল

আমাদের ভূ-গর্ভে যে বায়ুমণ্ডল অবস্থিত সেই বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদান যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি নির্দিষ্ট গতিবেগে (mean velocity) বায়ুমণ্ডলের মধ্যে চলাফেরা করে। ভূ-গর্ভে হাইড্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ গর্ভের escape velocity অপেক্ষা প্রায় ৫ গুণ অধিক। এই escape velocity-এর পরিমাণ প্রতি সেকেন্ডে ৭ মাইল। অতএব হাইড্রোজেন গ্যাস পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে থাকিতে পাবে না। কিন্তু নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ-গর্ভে escape velocity অপেক্ষা ১৪ গুণ কম। অতএব বায়ুমণ্ডলে এই দুই প্রকার গ্যাস আমবা দেখিতে পাই। বাহা হউক চন্দ্র-গর্ভে escape velocity-এর তুলনায় অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ অধিক হওয়ায় চন্দ্রের বায়ুমণ্ডলে ইহাবা টকিতে পাবে না। এই যুক্তি এবং চন্দ্র-গর্ভে সূর্য কিরণের বিচ্ছুরণ (Scattering) হইতে প্রমাণ হয় যে চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব নাই। এই বায়ুমণ্ডলের অভাবের ফলে চন্দ্র-গর্ভে কোন বায়ুচাপের অস্তিত্ব নাই। আমবা জানি যে পানিকে নিম্নস্থান হইতে উচ্চস্থানে লইলে সহজেই (অল্প তাপে) বাষ্পে পরিণত করা যায়। ইহাব কারণ এই যে বায়ুচাপ কমিবা গেলে পানির boiling

তাপমাত্রা কমিয়া যাবে। চন্দ্রে বায়ুচাপের অভাবে পানি সহজেই বাষ্প হইয়া যাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, চন্দ্রে বায়ুমণ্ডলের অভাবে পানির অস্তিত্ব সম্ভব নহে।

বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্রে কোন আবহাওয়া থাকিতে পারে না। সেখানে কোন মেঘ, বৃষ্টি, বরফ বা কুয়াশা প্রভৃতির অস্তিত্ব থাকিবে না।

৬.৬. চন্দ্রে তাপের প্রকারভেদ

আপন মেসেঞ্জার উপর চন্দ্রে প্রায় ২৯ই দিনে একবার ঘুরিয়া আসে। সুতরাং চন্দ্র-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে প্রায় দুই সপ্তাহ ধরিয়া সূর্য-কিরণ পতিত হয়। বায়ুমণ্ডলের অভাবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত এই সূর্য-কিরণ চন্দ্র-পৃষ্ঠের তাপমাত্রা 100° সে. অপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। অত্যাধিক চন্দ্র গ্রহণের সময় চন্দ্রের তাপমাত্রার পরিমাণের জ্ঞান হইতে গণনা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠের অক্ষরাজ্যের স্থানের তাপমাত্রা -190° সে. পর্যন্ত নামিয়া আসে।

Radio wave দ্বারা সঞ্চেত পাঠাইয়া চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপ-মাত্রার জ্ঞান পাওয়া গিয়াছে। ইহাতে দেখা যায় যে, চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রা -10° সে. হইতে -10° সে. এর মধ্যে সীমাবদ্ধ।

চন্দ্রের উপবিভাগের তাপমাত্রা এবং অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার মধ্যে যে অত্যধিক প্রভেদ দেখা যায় তাহার কারণ বোধ হয় এই যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠ কোন প্রকার আয়তনীয় দ্বারা অত্যন্ত গভীরভাবে আবৃত আছে।

৬.৭. চন্দ্রের উপবিভাগের রূপ (Surface features of the moon)

(ক) টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠ দর্শন : আমরা নয় চোখে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কতকগুলি অস্পষ্ট চিহ্ন লক্ষ্য করিয়া থাকি। গ্যালিলিও তাঁহার টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পর্বত আয়তনীয় গিরি, উপত্যকা প্রভৃতি লক্ষ্য করেন। আমরা পূর্বে আলোচনা করিয়াছি যে, চন্দ্রে পানির অস্তিত্ব নাই। গ্যালিলিও চন্দ্রে যে সমুদ্রের অস্তিত্ব অনুভব

কবিষাছিলেন উহা প্রকৃতপক্ষে সমুদ্র নহে। বাহা ইউক অধুনাকালেও চন্দ্রে বহুং বহুং চিহ্নিত স্থানগুলিকে সমুদ্র বা “Maria” নামে আখ্যা দেওয়া হয়। এই সমস্ত Maria-এব কোন কোনটি প্রায় ৫০০ হইতে ৭০০ মাইল পর্যন্ত প্রশস্ত। চন্দ্রে বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্র-গৃষ্ঠের রূপ যে কিরূপ হইবে তাহা পৃথিবী হইতে অনুমান করা কঠিন।

(খ) চন্দ্রের পাহাড় (lunar mountains) : চন্দ্র-গৃষ্ঠে কয়েকটি পাহাড় বা পর্বতের সংলগ্ন পাহাড়-শ্রেণী লক্ষ্য করা যায়। ইহাদিগকে পৃথিবীর পাহাড় পর্বতের নামানুকরণে Alps, Apennines, Carpathians প্রভৃতি নামে অভিহিত করা হইয়াছে। বায়ুমণ্ডল ও পানির অভাবে এই সমস্ত পাহাড়ের আকৃতি পৃথিবীর পাহাড়াদির আকৃতি হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

এই সমস্ত পাহাড়ের উচ্চতা কত তাহা তাহাদের দ্বারা প্রতিফলিত দ্বারা হইতে নির্ণয় করা যায়।

সর্বপ্রথম ১৯৫৯ খ্রিস্টাব্দের ৪ঠা অক্টোবর সোভিয়েট বকেটের সাহায্যে চন্দ্রের অদৃশ্য অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা সম্ভব হইয়াছে। এই ফটোগ্রাফ বেডিও signal-এব সাহায্যে ২৭৫,০০০ মাইল দূরবর্তী স্থান হইতে পৃথিবীতে পাওয়া গিয়াছিল। ইহাতে দেখা যায় যে, মোটামুটিভাবে চন্দ্রের উত্তর অংশের আকৃতি প্রায় একইরূপ।

প্রশ্নমালা - ৬

১। চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দিকে লক্ষ্য করিলে কোন্ অবস্থানে পৃথিবীকে উজ্জ্বলতম মনে হইবে?

২। পৃথিবীর পঞ্জিকা অনুযায়ী যদি চন্দ্রের সাইডেবিয়াল মাস চার মাসের সমান হয় তাহা হইলে কত সময়ে চন্দ্রের সাইনডিক মাস হইবে?

৩। এক বৎসবে সাইনডিক মাস অপেক্ষা সাইডেবিয়াল মাসের সংখ্যা কত বেশী এবং কেন?

৪। সূর্য যখন Vernal equinox-এব নিকটে অবস্থান কবে তখন পূর্ণচন্দ্র দৈনিক উত্তর 'গোলার্ধে' এবং দক্ষিণ গোলার্ধে কত দেৱীতে উঠে তাহা নির্ণয় ককন।

৫। চন্দ্রের অবস্থান (পৃথিবীর তুলনায়) নির্ণয় ককন যখন

(ক) চন্দ্র বিকাল ৩ ঘটিকাৰ উদয় হয় ;

(খ) চন্দ্র সকাল ৮ ঘটিকাৰ মধ্যাকাশে আসে ,

(গ) চন্দ্র সকাল ১১ ঘটিকাৰ অন্ত যায়।

৬। ঠিক কোন সময়ে

(ক) ৭ দিনের চন্দ্র মধ্যাকাশে আসে ;

(খ) ২২ দিনের চন্দ্র অন্ত যায় ;

(গ) অমাবস্তাব চন্দ্র উদয় হয়।

৭। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূৰত্ব ২৩৮,৮৫৭ মাইল হইলে Radar-এর ডেউ পৃথিবী হইতে চন্দ্রে প্রতিফলিত হইয়া কত সময়ে ফিবিয়া আসিবে ?

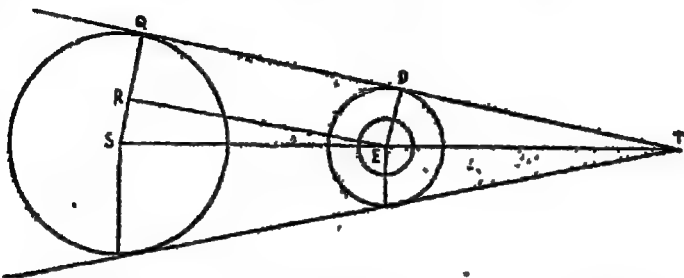
৮। মঙ্গল গ্রহের দূৰত্ব (পৃথিবী হইতে) ৩৫,০০০,০০০ মাইল এবং ইহাব কৌণিক ব্যাস $২৪''$ । ইহাব বৈখিক ব্যাস কত ?

৯। ভূ-পৃষ্ঠে যে ব্যক্তিব ওজন ২০০ পাউণ্ড চন্দ্র-পৃষ্ঠে তাঁহাব ওজন কত হইবে ?

১০। চন্দ্রের বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি ৪ গুণ বেশী হইত তাহা হইলে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কোন বস্তুর escape velocity কত হইত ?

৭.২. ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয়

যেহেতু গোলাকার পদার্থে সূর্যকিরণ পতিত হওয়ায় যে ছায়া সৃষ্টি হয় তাহাৰ দৈর্ঘ্য সহজেই নির্ণয় করা যায়।



উপরের চিত্রে QDT একটি স্পর্শক অঙ্কন করা হইয়াছে। বড় স্ফটিক সূর্য এবং ছোট স্ফটিক পৃথিবী বা চন্দ্র বর্ণনা করিতেছে। ER এবং QD পরস্পর সমান্তরাল সরলরেখা। ET ছায়াৰ দৈর্ঘ্য। ET নির্ণয় করিতে হইবে।

যেহেতু, RS, ED এর সমান্তরাল

SE, ET-এর সমান্তরাল

RE, QDT-এর সমান্তরাল

অতএব, $\triangle RES$ এবং DTE ত্রিভুজ দুইটি অনুরূপ (similar)।

$$\text{অতএব, } \frac{ET}{SE} = \frac{ED}{SR}$$

এখানে, SE = সূর্য-কেন্দ্র হইতে পৃথিবীর কেন্দ্রের দূরত্ব।

ED = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

SR = সূর্য এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধের প্রভেদ।

$$\text{সুতরাং, } ET = \text{ছায়াৰ দৈর্ঘ্য} = \frac{(\text{সূর্য দূরত্ব}) \times (\text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ})}{(\text{উভয়ের ব্যাসার্ধের প্রভেদ})}$$

আমাদের ক্ষেত্রে,

$$SE = ১০,০০০,০০০ \text{ মাইল}$$

$$ED = ৩৯৬০ \text{ মাইল}$$

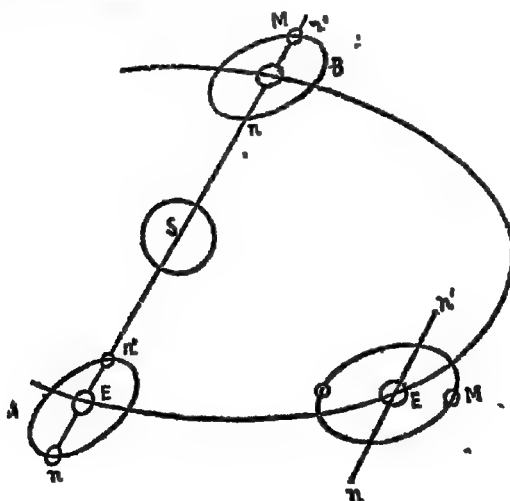
$$SR = (৪০২,০০০ - ৩৯৬০) = ৪২৮০০৭ \text{ মাইল}$$

$$\therefore ET = \frac{১০,০০০,০০০ \times ৩৯৬০}{৪২৮০০৭}$$

$$= ৮৬০,০০০ \text{ মাইল (প্রায়)}।$$

৭.৩ গ্রহণ সময় (Eclipse seasons)

সূর্য গ্রহণের সময় চন্দ্রকে পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসিতে হইবে। অতএব ইহা অমাবস্ত্যাব সময়। আবার চন্দ্র যখন পৃথিবীর ছায়া কোণে আসে তখন চন্দ্র গ্রহণ সংঘটিত হয়। এইজন্ত চন্দ্রকে পৃথিবীর যে দিকে সূর্য আছে তাহার বিপরীত দিকে আসিতে হইবে। অতএব চন্দ্র গ্রহণ পূর্ণিমার সময় ঘটিয়া থাকিবে। যদি চন্দ্রের কক্ষপথ ও পৃথিবীর কক্ষপথ একই সমতলে অবস্থান করিত তাহা হইলে আমবা প্রতি অমাবস্ত্যায় সূর্য গ্রহণ এবং প্রতি পূর্ণিমায় চন্দ্র গ্রহণ দেখিতে পাইতাম। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের তল, পৃথিবীর কক্ষপথের তলের সহিত 5° কোণে অবস্থিত। অতএব চন্দ্র, পৃথিবী সূর্যের কেন্দ্রগুলি প্রতি অমাবস্ত্যা এবং পূর্ণিমায় সমবেশ (একই সরলবেশ্যাব) থাকে না। এই সময় চন্দ্রের কেন্দ্র, পৃথিবী ও সূর্যের 'কেন্দ্রের দিয়া অঙ্কিত কাল্পনিক সরলবেশ্যাব একটু উত্তরে কিংবা একটু দক্ষিণে অবস্থান করে।



আমবা পূর্বে দেখিয়াছি যে, চন্দ্রের কক্ষতল, পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত নোডাল বিন্দুতে ছেদ করে। যদি চন্দ্র এই নোডাল বিন্দুতে অবস্থান

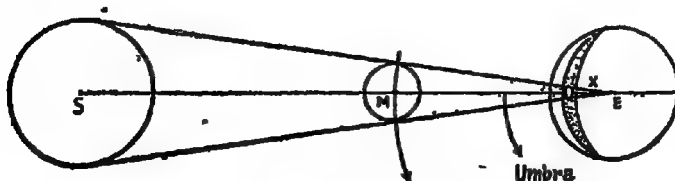
করিবার সম্ভব অমাবস্তা বা পূর্ণিমা ঘটবার স্বযোগ হব তখন আমবা সূর্যগ্রহণ বা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিবার স্বযোগ পাইব।

পৃথিবীর কেন্দ্র এবং নোডাল বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত কাল্পনিক রেখাকে নোডাল লাইন (nodal line) বলে। এই নোডাল লাইন সাধাবণতঃ এক বৎসবে মোটামুটি একইভাবে হেলিয়া থাকে। অতএব পূর্ব-পৃষ্ঠাব চিত্রের A এবং B অবস্থানে যখন চন্দ্রের (M) পূর্ণিমা বা অমাবস্তা সংঘটিত হব তখন আমবা চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ দেখি। সাধাবণতঃ বৎসবে আমবা একটা চন্দ্রগ্রহণ এবং একটা সূর্যগ্রহণ লক্ষ্য করি। এই সমসকে গ্রহণ কাল (eclipse season) বলে।

৭৪. সূর্যগ্রহণ (Eclipses of the Sun)

যদিও চন্দ্রের তুলনায় সূর্য ৪০০ গুণ বড় আমবা আকাশে উভয়কেই একই আকারে দেখিতে পাই। ইহার কারণ এই সূর্য পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্বের তুলনায় ৪০০ গুণ দূরে অবস্থিত। ইহা প্রকৃতির নানা বিস্ময়ের একটি ॥

চন্দ্র এবং সূর্যের আকার সমান সমান পরিবর্তিত অবস্থায় আমবা দেখিতে পাই। পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে দেখিলে সূর্যের কৌণিক ব্যাস গড়ে $৩১^{\circ}৫৯''$ এবং চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস $৩১^{\circ}৫''$ পরিমিত হইয়া থাকে। কিন্তু সূর্যের কৌণিক ব্যাস গড়ে শতকরা ১.৭ ভাগ এবং চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস শতকরা ৭ ভাগ হ্রাস পায়। যল্ল চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস হ্রাস পাইয়া $৩০^{\circ}১৬''$ পর্যন্ত হইতে পারে। এই মান সূর্যের কৌণিক ব্যাস অপেক্ষা অনেক বেশী। অতএব চন্দ্র যদি পৃথিবী হইতে নিকটতম দূরত্বে



সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of Sun)

অবস্থান কবিয়া সূর্যগ্রহণ ঘটান তাহা হইলে চন্দ্রের ছায়ায় সূর্য সম্পূর্ণ-রূপে আচ্ছন্ন হইবার সম্ভাবনা থাকে। এই অবস্থায় আমবা সূর্যেব পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse) দেখি।

সূর্যেব পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of sun) : এই অবস্থায় সূর্য, চন্দ্রকন্দেব নোডাল লাইন বরাবর অবস্থান কবিবে এবং চন্দ্র পৃথিবী হইতে এমন দূরে অবস্থান কবিবে যেন চন্দ্রেব Umbra (চিত্র দেখুন) ভূ-পৃষ্ঠ ছেদ কবে। মনে ককন ভূ-পৃষ্ঠস্থ কোন স্থান \times চন্দ্রেব Umbra-এব মধ্যে অবস্থান কবে। এই স্থান হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। আবার চন্দ্রেব Penumbra অধিকতর স্থান লইয়া বিস্তৃত বলিষা ঐ সমস্ত এলাকা হইতে সূর্যেব আংশিক গ্রহণ দেখা যাইবে।

চন্দ্র ইহাব কক্ষপথে ঘণ্টায় ২১০০ মাইল গতিতে পূর্বদিকে সবিয়া বাব। স্ততবাং ইহাব ছায়া পৃথিবীর উপর দিয়া ঐ গতিতে পূর্বদিকে সবিতে থাকিবে। কিন্তু পৃথিবীও পূর্বদিকে আপন মেরুদণ্ডে ঘুবিতেছে। বিযুব রেখাব উপর পৃথিবীর এই আক্ষিক গতি ঘণ্টায় ১০৪০ মাইল। অতএব এই সমস্ত স্থানে চন্দ্রেব ছায়া ঘণ্টায় ১০৬০ মাইল বেগে সবিয়া যাইতেছে। বাহা হউক চন্দ্রেব Umbra-এব বে অংশ পৃথিবীর উপর পতিত হয় সেই অংশ একটী অঙ্গুরীবাং ভূ-পৃষ্ঠ প্রদক্ষিণ কবে। ইহাকে গ্রহণ-পথ (eclipse path) বলা হয়। এই অঙ্গুরীবা উভয় পার্শে প্রায় ২০০০ মাইল পর্যন্ত আংশিক সূর্যগ্রহণ পবিলক্ষিত হইবে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণ বিজ্ঞানেব দৃষ্টিভঙ্গীতে একটী বিশেষ ঘটনা। এই সময় নানা প্রকাব বৈজ্ঞানিক তথ্য সংগ্রহ কবিবাব অবকাশ হয়। সূর্য-গ্রহণেব প্রথম অবস্থায় চন্দ্র যখন সূর্যকে আচ্ছন্ন কবিতে আবস্ত কবে তখন আমবা ইহাকে “প্রথম স্পর্শ” (first contact) বলি। ইহাব প্রায় এক হইতে দুই ঘণ্টা পূর্ব সূর্য সম্পূর্ণরূপে আচ্ছন্ন হয়। এই অবস্থাকে “দ্বিতীয় স্পর্শ” (Secend contact) বলে। এই সময় আকাশ কিছুটা অন্ধকাবে আচ্ছন্ন হইয়া আসে, কোন কোন ফুলেব পাপড়ি বুজিয়া আসে এবং মুরগী ও পান্থী সন্ধ্যা ভ্রমে ফুলাব আসিতে থাকে। ইহা

ছাড়া আকাশে ও দুবে দিগন্তে রংয়ের পবিবর্তন সাধিত হয়। এই সময় সূর্যের অভ্যন্তর ভাগ আচ্ছন্ন থাকার আমবা Corona দেখিতে পাই। ইহা সূর্যের বহির্বাৎসবে যে গ্যাস-পিণ্ড আছে উহা হইতে বিচ্ছুরিত আলো। স্বাভাবিক অবস্থায় আমবা Corona দেখিতে পাই না। যখন পূর্ণ সূর্যগ্রহণ কাল শেষ হইয়া আসে সেই অবস্থাকে “তৃতীয় স্পর্শ (Third contact) বলে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণের সময় আমবা সূর্য এবং চন্দ্রের পবম্পব অবস্থান নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে পারি। এই সময় সূর্যের বহির্বাৎসবে ফটোগ্রাফ লইয়া উহা হইতে নানা তথ্য জানা যায়। ইহা ছাড়া আবহাওয়া বিজ্ঞানের উপর সূর্যগ্রহণের প্রভাব এবং বায়ুমণ্ডল কতক কিভাবে আলো বিচ্ছুরিত (scattered) হয় সে সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে পারি।

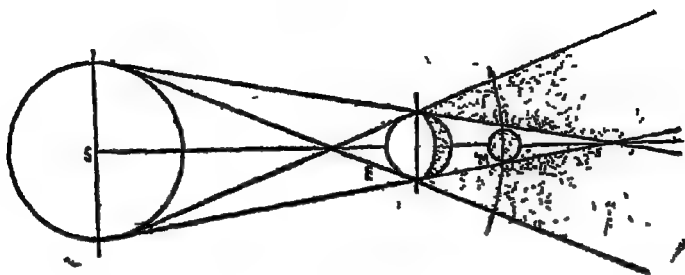
আবও একভাবে সূর্যগ্রহণ আমাদের বিজ্ঞান চর্চায় সাহায্য কবে। “আপেক্ষিক তত্ত্ব” (Theory of Relativity) নিম্মানুসারে আলোর বশি ইহার প্রচার পথে যখন কোন ভারী পদার্থের পার্শ্ব দিয়া যায় তখন ইহার পথ কিছুটা বাঁকিয়া যায়। সূর্যগ্রহণের সময় আকাশে সূর্যের নিকটে অবস্থিত কোন কোন নক্ষত্রকে দেখা যায়। এই সময়ে নক্ষত্রের ফটোগ্রাফ হইতে আমবা আপেক্ষিক তত্ত্বের নিষ্মেষ সত্যতা পরীক্ষা করিতে পারি।

বৎসবের অর্ধেকের অধিক সময় আকাশের চন্দ্রকে সূর্য অপেক্ষা বৃহত্তর দেখা যায় না। ইহার অর্থ এই যে, চন্দ্রের Umbra ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত পৌঁছিতে পারে না। “এই সময় যে সূর্যগ্রহণ দেখা যায় উহার আকার অঙ্গুরীয় হইয়া থাকে (annular eclipse)। ইহা ছাড়া আংশিক (partial) ভাবে সূর্যগ্রহণও ঘটিয়া থাকে। বৈজ্ঞানিক দিক হইতে ইহাদের প্রয়োজনীয়তা এমন বেশী নহে।

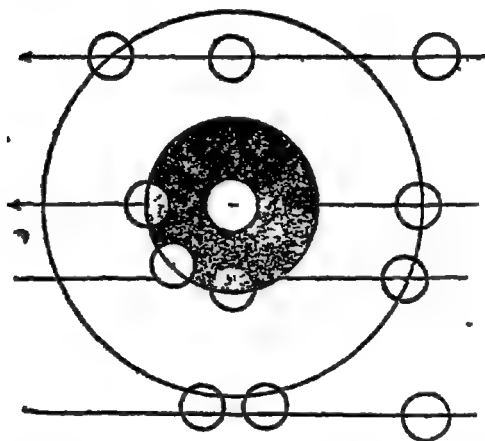
৭৫. চন্দ্রগ্রহণ (Eclipses of the Moon)

পৃথিবীর বাহ্যিতে যখন পৃথিবীর ছায়া (Umbra বা Penumbra) চন্দ্রের উপর পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রগ্রহণ (lunar eclipse) লক্ষ্য করি।

নিম্নের চিত্রে জ্যামিতির সাহায্যে চন্দ্রগ্রহণ বর্ণনা করা হইল।



(ক)



(খ)

দ্বিতীয় চিত্রে চন্দ্রের কক্ষপথ ববাবব একটি সমতলে পৃথিবীর ছায়া পতিত হইয়া (Umbra এবং penumbra কতৃক সৃষ্টি) দুইটি গোলাকাকার এলাকা সৃষ্টি হইয়াছে। পূর্ণিমার দিন চন্দ্রের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া পূর্ণ (total), আংশিক (partial) অথবা হাডা (penumbral) চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করা যাইবে। সূর্যগ্রহণ হইতে চন্দ্রগ্রহণের পার্থক্য এই যে সকল স্থান হইতেই চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব। এইজন্য একই স্থানে সূর্যগ্রহণ অপেক্ষা চন্দ্রগ্রহণ সহজে দেখা যায়। চন্দ্রের

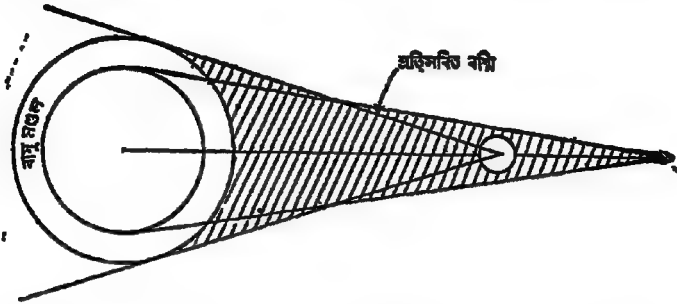
দৃষ্টিতে পৃথিবীর ছায়া (Umbra) ৫৭০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত । যেহেতু চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূরত্ব কম-বেশী হইয়া থাকে অতএব উপবোক্ত ৫৭০০ মাইল ব্যাস কিঞ্চিদধিক কম-বেশী হইবে । আবার পৃথিবীর হাঙ্গা ছায়া (Penumbra) চন্দ্রের দূরত্বে প্রায় ১০,০০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত থাকে । দ্বিতীয় চিত্রে নানা অবস্থার চন্দ্রগ্রহণ কিরূপে সংঘটিত হইতে পারে তাহা দেখানো হইয়াছে ।

হাঙ্গা চন্দ্রগ্রহণ সাধারণতঃ নাও দেখা যায়ইতে পারে । সাধারণতঃ Umbra কোণের কেন্দ্র হইতে ৭০০ মাইল পবিত্রিত স্থানের মধ্যে চন্দ্র না আসিলে হাঙ্গা চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে । এই অবস্থায় চন্দ্র-পৃষ্ঠের আলোকের ঔজ্জ্বল্যের তাৎকালিক আলি চোখে বুঝিতে পারা যায় না কিন্তু ফটোগ্রাফের সাহায্যে বুঝিতে পারা যায় ।

প্রত্যেকটি “পূর্ণ” (total) অথবা “আংশিক” (partial) চন্দ্রগ্রহণ ঘটবার পূর্বে চন্দ্র হাঙ্গা ছায়াবাজ্যের মধ্যে দিয়া অতিক্রম করে । Umbra বা ঘন ছায়াবাজ্যের মধ্যে আসিবার প্রায় ২০ মিনিট সময় পূর্বে চন্দ্র কিছুটা মলিন হইয়া আসে । এই মুহূর্তকে চন্দ্রের “প্রথম স্পর্শ” (first contact) বলে । ইহার পর ততই চন্দ্র ঘনছায়াবাজ্যের প্রবেশ করিতে থাকে ততই সহজে পৃথিবীর বাঁকা ছায়া চন্দ্র-পৃষ্ঠে স্পষ্টরূপে পতিত হইতে দেখা যায় । অ্যারিস্টটল (Aristotle) এই ছায়াবাজ্যের রূপ দেখিয়া বলিয়াছিলেন যে পৃথিবী গোলাকার ।

যদি চন্দ্রগ্রহণ আংশিক হয় তাহা হইলে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যে সম্পূর্ণরূপে প্রবেশ করিবে না বরং উহার এক অংশ হাঙ্গা ছায়াবাজ্যে এবং এক অংশ ঘনছায়াবাজ্যে থাকিবে । পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের সময় যখন চন্দ্র সম্পূর্ণভাবে পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যে প্রবেশ করে সেই অবস্থাকে “দ্বিতীয় স্পর্শ” (Second contact) বলে । যখন সম্পূর্ণরূপে চন্দ্র গ্রহণ করলে পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রকে তাম্রবর্ণ দেখিতে পাই । ইহার কারণ এই যে সূর্য-বর্ণি পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল দ্বারা প্রতিসৃত (refracted) হইয়া পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যের অংশবিশেষ আলোকিত করিয়া থাকে । পৰ্য্যটন চিত্র দেখুন ।

যখন চন্দ্ৰ ঘনছাৰাবাজ্য অতিক্ৰম কৰিষা বাহিৰে আসিতে আবন্ত
ববে তখন "তৃতীয় স্পৰ্শ" (third contact) এবং শেষ মুহূৰ্তে "শেষ



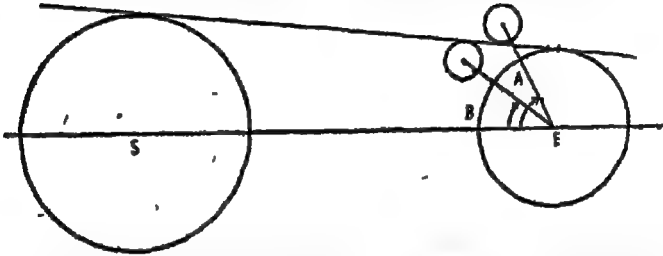
স্পৰ্শ" (last contact) চন্দ্ৰ সম্পূৰ্ণৰূপে "গ্ৰহণ" মুক্ত হয়। চন্দ্ৰেৰ
"গ্ৰহণ কাল" কতক্ষণ হইবে তাহা চন্দ্ৰ ঘনছাৰা কোণেৰ (cone)
মধ্যৰেখাৰ কত নিৰ্বৰ্তে আসে তাহাৰ উপৰি নির্ভৰ কৰিবে। ছাৰাৰ
তুলনাৰ চন্দ্ৰেৰ গতি গড়ে ঘণ্টাৰ ২১০০ মাইল। যদি চন্দ্ৰ ঘনছাৰাৰ
কেন্দ্ৰে প্ৰবেশ কৰিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে হাৰা ছাৰাবাজ্যে প্ৰবেশ
মুহূৰ্ত হইতে আবন্ত কৰিষা প্ৰায় ৬ ঘণ্টাকাল পৃথিবীৰ ছাৰা-মধ্যে
চন্দ্ৰ থাকিবে। পূৰ্ণ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় প্ৰায় ১ ঘণ্টা ৪০ মিনিট কাল
বিদ্যমান থাকে।

৭ ৬ গ্ৰহণ সীমা (Ecliptic limits)

আমরা পূৰ্বেই আলোচনা কৰিষাছি যে, চন্দ্ৰ যখন আপন কক্ষপথে
চলিবাৰ সময় নোডাল বিন্দুৰ সন্নিহিতে আসিষা পূৰ্ণিমা অথবা অমা-
বস্তাৰ অবস্থায় (phase) আসে তখন প্ৰকাৰভেদে চন্দ্ৰ অথবা
সূৰ্যগ্ৰহণ সংঘটিত হইষা থাকে। যদি চন্দ্ৰ, সূৰ্য এবং পৃথিবী বিন্দুৰ
(points) হইত তাহা হইলে চন্দ্ৰকে একান্তভাবে নোডাল বিন্দুতে
আসিলেই গ্ৰহণ সম্ভব হইত। কিন্তু প্ৰকৃতপক্ষে এই জ্যোতিৰ্গণ্ডলিৰ
প্ৰত্যেকেই অতিকায় গোলাকাৰ বস্তু। অতএব চন্দ্ৰ বা সূৰ্যগ্ৰহণ
ঘটিবাৰ জন্য চন্দ্ৰেৰ সম্পূৰ্ণৰূপে নোডাল বিন্দুতে আসিবাৰ প্ৰয়োজন
নাই। যদি চন্দ্ৰ নোডাল বিন্দুৰ কাছাকাছি অবস্থানে আসে তাহা

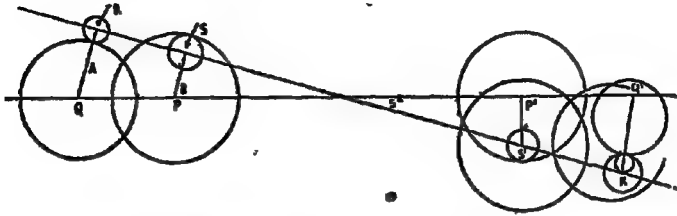
হইলেই “গ্রহণ” সংঘটিত হইতে পারে। এখন আমরাদিগকে নির্ণয় করিতে হইবে যে, “চন্দ্র নোডাল বিন্দুর কত নিকটে থাকিলে ‘গ্রহণ’ সম্ভব হইবে?”

(ক) সূর্যগ্রহণের সীমা (Solar ecliptic limit) : নীচের চিত্র হইতে দেখা যায় যে যদি চন্দ্র, পৃথিবী-সূর্য যোগকালী কোণের মধ্যে আসে তাহা হইলে ভূ-পৃষ্ঠের কোনও স্থানে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। এই অবস্থায় জ্যামিতির সাহায্যে A এবং B কোণ নির্ণয় করা সহজ হইবে। প্রকৃতপক্ষে A কোণের পরিমাণ $1\frac{1}{2}^\circ$ এবং B কোণের পরিমাণ 1° ।

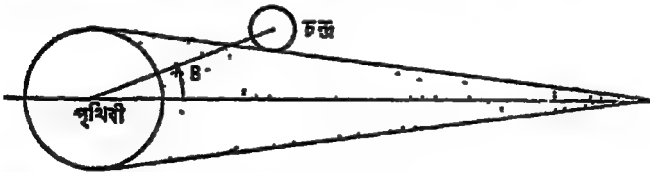


পৰ-পৃষ্ঠাব চিত্রে পৃথিবীর কক্ষপথের চাবিদিকে নোডাল বিন্দুর নিকটবর্তী স্থানসমূহে চন্দ্রের পবিত্রমণ পথ (কক্ষপথ) দেখানো হইয়াছে। নোডাল বিন্দুকে O হাৰা চিহ্নিত কৰা হইয়াছে। চন্দ্রকে ইহাব পবিত্রমণ-পথে চাব স্থানে দেখানো হইয়াছে। C চিহ্নিত বৃত্তগুলিব হাৰা সূৰ্য পৃথিবী যোগকালী কোণের (coae) চন্দ্রের দূৰত্বে অভিক্ষেপ বৰ্ণনা কৰা হইয়াছে। এই সমস্ত বৃত্তের কেন্দ্ৰগুলি Q, P, P', Q' হাৰা চিহ্নিত কৰা হইয়াছে। যদি সূৰ্য Q নামক স্থানে থাকিবাব সময় R নামক স্থানে চন্দ্রের অমাবস্তা সংঘটিত হব তাহা হইলে চন্দ্র এবং সূৰ্যের কেন্দ্ৰ যোগকালী বেষ্টা A কোণ ব্যবধানে থাকিবে এবং এই সমবে ভূ-পৃষ্ঠে কোনও না কোন স্থানে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে। সেইকপ Q' এবং R' অবস্থান বৰ্ণনা কৰা যাব। Q Q'-এব বাহিবে সূৰ্যের অবস্থানের সময় অমাবস্তা হইলে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে না। যদি সূৰ্য P এবং P'-এব মধ্যে যে কোন স্থানে অবস্থান করিবাব সময় S, S' স্থানে চন্দ্রের অমাবস্তা ঘটে তাহা হইলে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে। OQ অথবা OQ'-এব কৌণিক

দুবন্ধকে “গ্রহণ সীমা” (Ecliptic limit) বলে। ইহা সহজেই নির্ণয় করা যায় যে, QQ^1 এবং PP^1 -এর কোণিক দুবন্ধ যথাক্রমে ১৭° এবং ১০° ।



(খ) চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limits): সূর্যের আলোক পৃথিবীর উপর পতিত হইয়া বিপবীত দিকে যে ঘনছায়াব কোণ (Umbra cone) স্রষ্ট হব উহাব কেন্দ্রীষ সবলবেখা ecliptic-এব উপবিশ্ব সূর্যের অবস্থানের বিপবীত দিকের বিন্দুর মধ্য দিয়া যায়। সুতরাং পূর্ণিমা-এর সময় চন্দ্র যদি ecliptic (এক্লিপটিক)-এব নিকটে (অর্থাৎ নোডাল বিন্দুর নিকটে) অবস্থান করে তাহা হইলে ইহা এই ঘনছায়াবাজ্যে প্রবেশ করিতে পারে এবং ইহাব ফলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব হব। নিম্নেব চিত্রে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়াবকে স্পর্শ করিয়াছে। অতএব যদি চন্দ্রের অবস্থান B কোণেব অধিক হব তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। B কোণেব পরিমাণ ১° অপেক্ষা সামান্য কম। পৃথিবীর ঘনছায়াব কেন্দ্রীষ সবলবেখা এবং সূর্য-নোডাল বিন্দু যোগকাবী



সবলবেখাব অভ্যন্তরস্থ যে বৃহত্তম কোণেব জন্ত চন্দ্র ঐ কেন্দ্রীষ সরল-বেখাব B কোণেব মধ্যে অতিক্রম করিতে পারে সেই বৃহত্তম কোণেব পরিমাণকে চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limit) বলে। সূর্যের গ্রহণ-সীমাব মতই চিত্রেব সাহায্যে এই সীমা নির্ণয় করিয়া দেখানো যায় যে, ইহাব মান $৯^\circ ৩০'$ এবং $১২^\circ ১৫'$ -এব মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকিবে।

৭.৭. গ্রহণাবলীর পুনরাবৃত্তি (Recurrence of Eclipses)

পুণ্যাতনকালের জ্যোতিষবিদেবা লক্ষ্য কবিতাছিলেন যে, নিবন্ধিত-ভাবে একই সময় পব পব একইরূপ চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইয়া থাকে। গ্রহণ সময়ের এই নিয়ম লক্ষ্য কবিতা তাঁহারা ভবিষ্যতের গ্রহণ-কাল নির্ণয় কবিত্তে সক্ষম হইয়াছিলেন।

একইরূপ ‘গ্রহণ’ কখন সম্ভব : একবার চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণের পব পুনরাবৃত্তি কখন অনুক্রম গ্রহণ সম্ভব হইবে যদি, (১) চন্দ্র আবার পূর্ণিমা অথবা অমাবস্তা অবস্থায় ফিবিয়া আসে, (২) চন্দ্র নোডাল বিন্দু হইতে সমান দূরে পূর্বাংশায় ফিবিয়া আসে এবং (৩) সূর্য ও চন্দ্র পৃথিবী হইতে একই দূরত্বে ফিবিয়া আসে। অর্থাৎ আজ যে অবস্থায় চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল ঠিক আবার যখন চন্দ্র, পৃথিবী এবং সূর্য পদার্থের অনুক্রম অবস্থায় ফিবিয়া আসিবে তখন অনুক্রম গ্রহণ সংঘটিত হইবে।

আমরা প্রথমে (১) এবং (২) নং শর্তগুলি বিবেচনা কনি। চন্দ্রকে একই অমাবস্তা বা পূর্ণিমার অবস্থায় ফিবিয়া আসিতে কয়েকটি পূর্ণ সাইনডিক মাস অতিক্রম কবিত্তে হইবে। আবার ইহার করণক্ষেত্র নোডাল বিন্দু হইতে একই দূরত্বে আসিতে হইলে কয়েকটি পূর্ণ-সংখ্যক নোডাল মাস অতিক্রম কবিত্তে হইবে।

এখন সাইনডিক মাসের সময় ২৯.৫৩০৬ দিন এবং নোডাল মাসের সময় ২৭.২১২২ দিন। কিন্তু ৪৭ সাইনডিক মাস এবং ৫১ নোডাল মাস প্রায় সমান অর্থাৎ

$$৪৭ \times ২৯.৫৩০৬ = ১৩৮৭.৯০৮ \text{ দিন}$$

$$৫১ \times ২৭.২১২২ = ১৩৮৭.৮২২ \text{ দিন।}$$

মনে করুন আজ একটি সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল, আজ হইতে ৪৭ ভগ্ন অমাবস্তার চন্দ্র একই নোডাল বিন্দু সংলগ্ন স্থান হইতে দশমাস পথ দ্বিবে থাকিবে। যেহেতু চন্দ্র ১ পূর্ণ দিনে মাত্র ১৩° দূরে সরিয়া যায়। অতএব দ্বিতীয় অনুক্রম সূর্যগ্রহণ ঘটবার সময় চন্দ্র ও সূর্য নোডাল বিন্দুর তুলনায় পূর্বাংশায় হইতে মাত্র ১° তফাতে

থাকিবে। এইরূপে আবার ৪৭ সাইনডিক মাস পবে তৃতীয় সূর্যগ্রহণের সময় চন্দ্র আবার 1° দূবে সন্নিবিষ্ট থাকিবে। এইরূপে চন্দ্রের আপেক্ষিক অবস্থান একদিক হইতে অন্যদিকেব গ্রহণসীমার মধ্যে প্রায় ৩৫° পার্থক্য হইতে প্রায় ৩০ টি অনুবর্ণ গ্রহণ ঘটবে।

পূর্ববর্তী আলোচনার ৪৭ সাইনডিক মাস পব পব যে গ্রহণ দেখা যাইবে সেই গ্রহণগুলির কোনটা পূর্ণ (total) কোনটা অঙ্গুরীক (annular) দেখা যাইবে। ইহাদেব পব পব দুইটি গ্রহণই পূর্ণ বা অঙ্গুরীক দেখা যাইতে পারে তখনই যখন সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের পবস্পৰ আপেক্ষিক দূৰত্ব পুৰাতন অবস্থার ফিবিয়া আসে। চন্দ্র ও পৃথিবীর কক্ষপথগুলি উপস্থিতকাল বলিবা চন্দ্র পৃথিবী হইতে সমান দূবে অবস্থিত নহে। পৃথিবীর নিকটতম দূৰত্বে চন্দ্র প্রায় ২৭ ৫৫৪৫৫ দিনে ফিবিয়া আসে। ইহাকে (anomalous) অ্যানোম্যালিস্টিক মাস বলে। দেখা যায় যে,

$$২২৩ \text{ সাইনডিক মাস} = ৬৫৮৫ ০২১ \text{ দিন}$$

$$২৪২ \text{ নোডাল মাস} = ৬৫৮৫ ০৫৭ \text{ দিন}$$

$$২৩৯ \text{ অ্যানোম্যালিস্টিক মাস} = ৬৫৮৫ ৫৩৮ \text{ দিন}$$

অতএব, আমবা আশা কবিত্তে পাৰি যে, ২২৩ সাইনডিক মাস পব সূর্য ও চন্দ্রগ্রহণগুলি পর্যায়ক্রমে একইভাবে ঘটতে থাকিবে। ইহাব সময় প্রায় ১৮ বৎসব। এই সময়ের ব্যবধানকে 'Chaldean Saros' বা 'সারোস' বলে। অর্থাৎ প্রায় ১৮ বৎসব পব পব চন্দ্র ও সূর্যগ্রহণগুলি একইভাবে এবং প্রায় একই সময়ে ঘটতে থাকিবে। ১৯৩৭, ১৯৫৫ সালের পূর্ণ সূর্যগ্রহণ সহজে আমবা জানি। আবার ১৯৭০ সালে অনুবর্ণ সূর্যগ্রহণ ঘটবে।

৭৮ 'গ্রহণ'-সংশ্লিষ্ট অন্যান্য নৈসর্গিক ঘটনাবলী (Related Phenomenon)

(ক) অকালটেশন : এ পর্যন্ত সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের পবস্পৰের অবস্থান সংক্রান্ত ঘটনা সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ সহজে আলোচনা করা হইয়াছে। চন্দ্র কখনও কখনও পৃথিবী এবং দূরবর্তী একটি নক্ষত্রের দৃষ্টিপথে আসার আমবা কিছুকালের জন্য নক্ষত্রটিকে দেখিতে পাই না।

ইহাকে অকালটেশন (occultation) বলে। ইহা সূর্যগ্রহণেব মতই, প্রভেদ এই যে সূর্যেব পরিবর্তে নক্ষত্রেব গ্রহণ ঘটয়া থাকে। চন্দ্র যখন অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাৰ মধ্যবৰ্তী কোন অবস্থাব (Phase) থাকে তখন ইহাব পূৰ্ব অংশ কৃষ্ণবৰ্ণ থাকে। যখন এই কৃষ্ণবৰ্ণ অংশেব ধাব কোন নক্ষত্রেব দৃষ্টিকে আচ্ছন্ন কৰে তখন সেই নক্ষত্ৰ হঠাৎ অদৃশ্য হয় এবং প্ৰায় ১ ঘণ্টাকাল অদৃশ্যই থাকে।

নক্ষত্রেব এই আকস্মিকভাবে অদৃশ্য হওবাব জন্ত ইহা প্ৰমাণিত হয় যে, চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডল নাই। কেননা কোন বায়ুমণ্ডল থাকিলে নক্ষত্ৰ হইতে নিৰ্গত আলো বায়ুমণ্ডলেব মধ্যে প্ৰবাহিত হইবাব সম্ভব প্ৰতিসৰিত হইত এবং বাঁকা পথে আমাদেব দৃষ্টিতে আসিত।

অকালটেশনেব সাহায্যে চন্দ্রেব প্ৰকৃত অবস্থান নিৰ্ণয় কৰা সহজ হয়।

(খ) ট্ৰানজিট (Transits): সূৰ্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকটবৰ্তী দুব্ধে অবস্থিত গ্রহগুলি (Venus বা Mercury) কখনও কখনও পৃথিবী ও সূৰ্যেব সহিত সমবেথ (conjunction) হইয়া থাকে। এই অবস্থান যখন একাট্ৰি গ্রহ পৃথিবী এবং সূৰ্যেব মাঝখানে আসিবা পড়ে এবং সূৰ্যকে এক ধাব হইতে অতিক্ৰম কৰিবা অস্ত ধাৰে আসিবা পড়ে, এই অবস্থাকে জ্যোতিৰ্বিদবা ট্ৰানজিট (transit) বলেন।

প্ৰশ্নমালা—৭

১। প্ৰতি অমাবস্তা এবং প্ৰতি পূর্ণিমাৰ আমবা বথাক্ৰমে সূৰ্য গ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ দেখি না কেন?

২। চন্দ্রগ্রহণ অপেক্ষা সূৰ্যগ্রহণেব সংখ্যা অধিক হওয়া সত্ত্বেও আমবা পূৰ্ণ সূৰ্যগ্রহণ বেশী দেখি না কেন?

৩। পূৰ্ণ সূৰ্যগ্রহণেব সম্ভব আমবা সূৰ্যেব কি কি বিশেষত্ব লক্ষ্য কৰিতে পাৰি?

৪। জুপিটাৰেব ব্যাস প্ৰায় ৮৬,০০০ মাইল এবং নেপচুনেব ব্যাস প্ৰায় ৩০,০০০ মাইল। ইহা সত্ত্বেও নেপচুনেব ঘনছায়া কোণ (cone) জুপিটাৰেব ঘনছায়া কোণ অপেক্ষা দ্বিগুণ দীৰ্ঘ। ইহাব কাৰণ বৰ্ণনা কৰুন।

(Insert more examples from Astronomy by Sarkar)

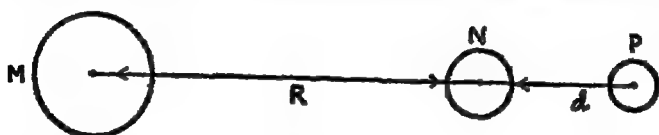
অষ্টম অধ্যায়

জোয়ার-ভাটা এবং পৃথিবীর বতুলাকার আবর্তনের ফল

(TIDES AND PRECESSION)

৮.১ মাধ্যাকর্ষণের প্রভেদ

দুইটি নিকটবর্তী গোলাকাক জ্যোতিষকে যখন দূরবর্তী একটি বৃহৎ গোলাকাক জ্যোতিষ আকর্ষণ করে তখন ঐ মাধ্যাকর্ষণের মধ্যে প্রভেদ দেখা যায়। মনে করুন M একটি বৃহৎ জ্যোতিষ এবং N, P দুইটি নিকটবর্তী



জ্যোতিষ। M হইতে N -এর দূরত্ব R , N হইতে P -এর দূরত্ব (d) তুলনায় অনেক বেশী। এমন অবস্থায় যদি M , N -এর আকর্ষণ F_1 এবং M , P -এর মাধ্যাকর্ষণ F_2 হয়, তাহা হইলে

$$F_1 = \frac{GM}{R^2}, \quad F_2 = \frac{GM}{(R+d)^2}$$

G ≡ মাধ্যাকর্ষণীয় সংখ্যা,

N এবং P -এর উপস্থিতি একক পরিমাণের উপর আকর্ষণ স্থির করিবে। F_1 এবং F_2 -এর সূত্র হইতে দেখা যায় যে, F_1 -এর মান F_2 -এর মান অপেক্ষা বৃহত্তর এবং

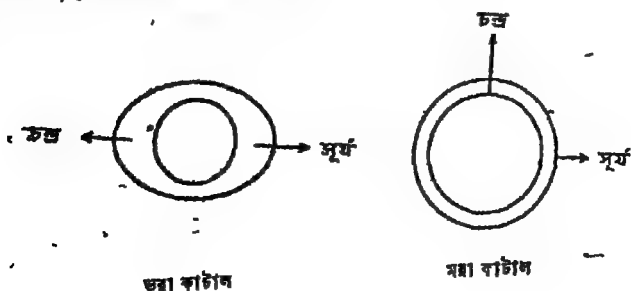
$$\begin{aligned} F_1 - F_2 &= \Delta F = GM \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{(R+d)^2} \right) \\ &= GM \frac{d(2R+d)}{R^3(R+d)^2} \\ &\approx 2GM \cdot \frac{d}{R^3}, \text{ যদি } R+d \approx R \text{ ধরা হয়।} \end{aligned}$$

ক্ষীত হয় অর্থাৎ গতিশীল হইয়া থাকে। ইহাব অর্থ এই নয় যে, সমুদ্রের জলবাশি চন্দ্র কর্ছক আকৃষ্ট হইয়া কাঁপিয়া উঠে। চন্দ্র যেখানে ঠিক জেনিথে (Zenith) বা নাদির (Nadir)-এ অবস্থিত সেই স্থানের "জোয়ার শক্তি" প্রভাবেই ফলে জলরাশি কোনই গতি নাই যদিও এই স্থানে জলবাশি ক্ষীতি সর্বাধিক।

চন্দ্র ছাড়া সূর্যের প্রভাবেও সমুদ্রে জোয়ার-ভাটা হইয়া থাকে। যদিও পৃথিবীর উপর সূর্যের আকর্ষণ-শক্তি, চন্দ্রের আকর্ষণ-শক্তি চেয়ে ১৫০ গুণ বেশী কিন্তু চন্দ্রের আকর্ষণ-প্রভাবের প্রভেদ সূর্যের আকর্ষণ-প্রভাবের প্রভেদের অর্ধেক হওয়ায় জোয়ার-ভাটা প্রকৃতপক্ষে চন্দ্রের আকর্ষণের ফলেই হইয়া থাকে। চন্দ্র পৃথিবীর অতি নিকটে আছে বলিয়া ইহাব আকর্ষণ-প্রভেদ অধিক।

যদি চন্দ্র না থাকিত তাহা হইলে সূর্যের প্রভাবে যে জোয়ার-ভাটা হইত তাহাব পরিমাণ বর্তমান জোয়ার-ভাটার অর্ধেক হইত। এখন যদি চন্দ্র এবং সূর্যের প্রভাব পরস্পরকে সাহায্য করে তাহা হইলে স্বাভাবিক জোয়ার-ভাটার ফল অধিক হইয়া থাকে। ইহা জমাৱন্তা বা পূর্ণিমার সময় হইবার কথা। কেননা এই সময় সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবী এক সলবেধাৱ অবস্থিত থাকে। ইহাকে ভবা কটাল (Spring tides) বলে।

বিপরীত পক্ষে চন্দ্র যখন অষ্টমীতে (first quarter) অবস্থান করে তখন চন্দ্র এবং সূর্যের প্রভাবস্ব পরস্পরকে হ্রাস করে। ইহাব ফলে যে "জোয়ার ভাটা" উপর হব তাহাকে মবা কটাল (neap tides) বলে। নিম্নের চিত্র দেখুন।



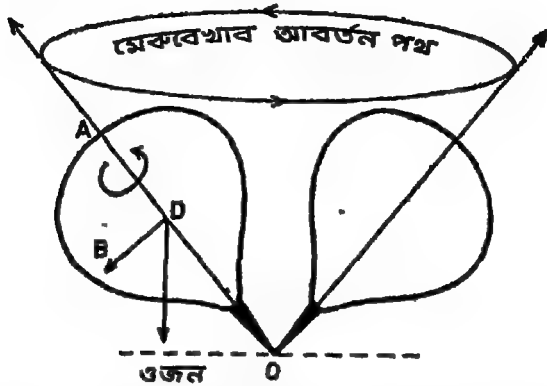
১.৩ অগ্নচলন (Precession) বা লাটিমেৰ ক্ৰান্ত আবৰ্তন

পৃথিবী আপন মেকদণ্ডেৰ চাবিটিকে ২৪ ঘণ্টাৰ একবাৰ আবৰ্তন কৰে। এই গতি প্ৰায় ঘণ্টাৰ এক হাজাৰ মাইলেৰও অধিক। এই দ্ৰুত গতিতে আবৰ্তনেৰ ফলে পৃথিবীৰ আকৃতি সম্পূৰ্ণভাবে গোলাকাৰ না হইয়া কমলালেবুৰ দৰাৰ উত্তৰ দক্ষিণে কিছুটা চ্যাপ্টা হইয়াছে। অৰ্থাৎ বিষুববেখা বৰাবৰ পৃথিবীৰ ব্যাস, মেকবেখা বৰাবৰ ব্যাস অপেক্ষা ২৭ মাইল অধিক। অতএব বিষুববেখা বৰাবৰ পৃথিবীৰ উপবিভাগ পুলাকাৰ ৰূপ ধাৰণ কৰিযাছে। এই বিষুববেখা বৰাবৰ যে সমতল কল্পনা কৰা যায় তাহা এক্সিপটিকেৰ সহিত ২৩½ ডিগ্ৰী এবং চত্ৰেৰ কৰপথেৰ সহিত ৫ ডিগ্ৰী কোণে অবস্থিত। সূৰ্য এবং চত্ৰেৰ “মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভেদ” (এই অধ্যায়েৰ প্ৰথম অংশ চুটীয়া) পৃথিবীৰ উপৰ জ্যোতিৰ-ভাট্টা সৃষ্টি কৰা ছাড়াও বিষুব সমতলকে এক্সিপটিকেৰ সমতলেৰ দিকে আকৰ্ষণ কৰিযা থাকে। পৃথিবীৰ উপৰ সূৰ্য এবং চত্ৰেৰ “মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভেদ” এমনভাবে প্ৰভাৱ বিস্তাৰ কৰে যেন পৃথিবীৰ মেকদণ্ডবেখা অতি দীৰ্ঘ দিক পৰিবৰ্তন কৰিতে থাকে। কিভাবে এই মেকদণ্ড বেখা দিক পৰিবৰ্তন কৰে তাহা বুজিতে হইলে আমবা সংক্ষেপে একটা সাধাৰণ লাটিমেৰ আবৰ্তন সন্মুখে আলোচনা কৰিব।

লাটিমেৰ আবৰ্তন : একটা আবৰ্তন গীল লাটিমেৰ গতি লক্ষ্য কৰুন। যদি লাটিমেৰ অক্ষবেখা (axis) বা মেকবেখা সম্পূৰ্ণৰূপে খাড়া (vertical) না থাকে অৰ্থাৎ লাটিমটো যদি সোজাভাবে আবৰ্তন না কৰিতে থাকে তাহা হইলে ইহাৰ ওজন লাটিমটোকে মাটিতে ফেলিযা দিতে চেষ্টা কৰিবে (পৰ পৃষ্ঠাৰ চিত্ৰ দেখুন)।

যাহা হউক লাটিমটো যখন হেলান অবস্থায় আবৰ্তন কৰে তখন ইহাৰ ওজনেৰে যে অংশ মেকবেখাৰ সহিত লহালধি থাকে সেই অংশই কেবলমাত্ৰ লাটিমেৰ মেকবেখাৰ অবস্থানকে প্ৰভাৱান্বিত কৰিবে। আমবা হবত নিশ্চয়ই লক্ষ্য কৰিযাছি যে, হেলানো লাটিম মাটিতে পড়িযা বাৰ না কিন্তু ইহাৰ মেকবেখা বিশেষভাবে স্বত্বাকাবে ঘূৰিতে

থাকে। চিত্রে মেকবেখা OA এবং DB বেখায দ্বারা যে সমতল নির্দিষ্ট হইবে, মেকবেখা সর্বদাই সেই সমতলের সহিত লম্বভাবে গতিশীল থাকিবে। বতকর্ণ লার্টমের আবর্তন (spin) অপরিবর্তিত

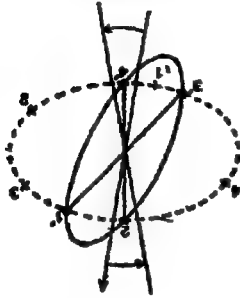


থাকিবে ততকর্ণ মেকবেখা একইভাবে হেলানো থাকিবা একটি কোণে আবর্তন করিবে (conical motion)। এই কৌণিক আবর্তনকে বিজ্ঞানের ভাষায় অখনচলন (precession) বলে।

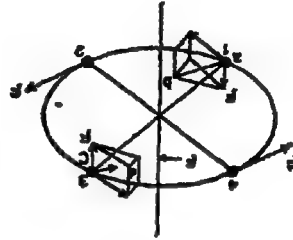
নিউটনের সূত্রের সাহায্যে অগ্নচলনের কারণ বর্ণনা : গতি-বিষয়ক তিনটি সূত্র সর্বপ্রথম নিউটন আবিষ্কার করেন। এই তিনটি সূত্রের সাহায্যে আমরা অখনচলনের কারণ বর্ণনা কবিত্তে পাবি। আমরা প্রথমে খাতব পদার্থের সমান দুইটি কাঠি আড়া-আড়িভাবে (perpendicular) লইয়া উহাদের উভয় প্রান্তে সমান ওজনের একই পদার্থের তৈরী চাবটি বল সংযুক্ত কবি। মনে ককন এই সবজামটি সমতলে রাখিবা উহাদের কেন্দ্রবিন্দুকে স্থির রাখিবা ভূমি-সংলগ্ন সমতলে ঘুয়াইতে থাকুন। এই সবজামকে জাইরোস্কোপ (gyroscope) বলে (পব-পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।

যখন জাইবোস্কোপটি সমতলে ঘুবিতেছে তখন চাবটি বলই ভূমি-সংলগ্ন সমতলে (horizontal plane) অবস্থিত বা আমরা মনে কবিত্তে পারি যে বলগুলি কেন্দ্রসমূহ একই সমতলে অবস্থিত। এখন মনে ককন

২ নং আৰু ৩ নং বল দুইটি সংযোগকাৰী কাঠি আৰু জাইবোস্কোপেৰ অক্ষবেখা দ্বাৰা নিৰ্দিষ্ট সমতলেৰ আভাআভি অক্ষবেখাৰ উপৰ পৰিমাণ



১ নং চিত্ৰ



২ নং চিত্ৰ

একটি চাপ বা জোৰ দেওখা হইল (আমবা অঙ্গুলীৰ অগ্রভাগ দ্বাৰা এই অক্ষবেখাৰ কাঠিতে ঠেস দিয়া খবিত পাবি)। আমাদেৱে প্ৰদত্ত জোৰ কাঠি দুইটিৰ মধ্য দিয়া বলঙলিকে প্ৰভাৱান্বিত কৰিবে। ১নং বলটি উপবেৰ দিকে ৩নং বল নীচেন দিকে এই জোৰেৰ প্ৰভাৱ অনুভৱ কৰিবে। পক্ষান্তৰে ২নং আৰু ৩নং বল দুইটি খাড়াভাবে এই জোৰেৰ কোন প্ৰভাৱই অনুভৱ কৰিবে না। অতএৱ ৩নং আৰু ৩নং বল একইভাবে ঘূৰিতে থাকিবে কিন্তু ১নং আৰু ২নং বল দুইটি স্বত্বাক্ৰমে ab আৰু cd বেখাৰ দিকে গতিশীল হইবে। আৱৰ্তন কালে বলঙলিৰ অবস্থান কিংকপ হইবে তাহা ২নং চিত্ৰে দেখানো হইয়াছে। দেখা যায় যে, এই জোৰ আৱোপ কৰাৰ ফলে জাইবোস্কোপেৰ অক্ষবেখা পূৰ্বাবস্থায় না থাকিষা নূতন অবস্থানে আসিযাছে। আৰু দেখা যায় যে এই অক্ষবেখা, যে দিকে জোৰ দেওখা হইয়াছে তাহাৰ আভাআভি (perpendicular) দিকে 'দিক' পৰিবৰ্তন কৰে। উপবেৰ সংক্ষিপ্ত আলোচনা কোনক্ৰমেই নিখুঁত না হইলেও মোটামুটিভাবে অৱনচলনেৰ কাৰণ বুঝিতে সাহায্য কৰিবে।

পৃথিৱীৰ অৱনচলনঃ পৃথিৱীৰ অভ্যন্তৰ আৰু উপবিভাগেৰ পদাৰ্থ সৰ্বত্র সমভাবে বিস্তৃত নহে। ইহাৰ ফলে পৃথিৱীৰ উপৰ সূৰ্যেৰ মাধ্যাকৰ্ষণ শক্তিৰ প্ৰভাৱ একইকপ নহে। পৃথিৱীৰ বিষুব অঞ্চল

ববাবর সূর্য এবং চন্দ্রের মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাবে বিষুব চক্রকে (Equator) এলিপটিক চক্রের বরাবর আনয়ন করিবার চেষ্টা করে। অর্থাৎ পৃথিবীর অক্ষবেখা, এই মাধ্যাকর্ষণের ফলে এলিপটিকেব অক্ষবেখাব সহিত যুক্ত হইবার প্রয়াস পায়। ইহার ফলে সমস্ত পৃথিবীটা একটি লাটিমের মত আবর্তন করে। পৃথিবীর অক্ষবেখা (axis), এলিপটিকেব সমতলের উপর অঙ্কিত লম্বরেখাব চারিদিকে একটি কাল্পনিক কোণে আবর্তন কবে। পৃথিবীর অক্ষরেখা, এলিপটিকেব লম্বরেখাব সহিত সর্বদা $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে (angle) অবস্থান কবে। একবার সম্পূর্ণভাবে ঘুরিয়া আসিতে পৃথিবীর অক্ষরেখা প্রায় ২৬,০০০ বৎসব সময় গ্রহণ কবে।

পৃথিবীর অয়নচলনের অর্থ এই যে, আকাশে স্থির নক্ষত্রসমূহেব পটভূমিকায়, পৃথিবীর অক্ষরেখা বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন নক্ষত্রেব বরাবর থাকে। বর্তমানে পোলাবিস নক্ষত্রেব (polaris) দিকে এই অক্ষরেখা নিবিষ্ট আছে বলিবা আমরা রাত্রিকালে আকাশে পোলাবিস নক্ষত্রেব স্থির দেখিতে পাই। প্রায় ১২০০০ বৎসব পূর্বে আকাশে "ভেগা" (Vega) নক্ষত্রেব স্থির দেখা যাইত।

একুইনক্সের অয়নচলন : পৃথিবীর বিষুবতল (plane of the equator) এলিপটিকেব সমতলের সহিত $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে সর্বদাই অবস্থান কবে। যেহেতু পৃথিবী লাটিমের মত আবর্তন কবিতেছে, অতএব বিষুবতলের সহিত এলিপটিকেব তল যে সলরেখাব ছেদ কবিয়াছে সেই রেখাও ২৬০০০ বৎসবে একবার আবর্তন করিবা আসিবে। ইহাব ফলে একুইনক্স বিষ্ণু দুইটি (Equinoxes) এলিপটিকেব উপর বৎসবে $\frac{১ \times ৩৬০^{\circ}}{২৬০০০}$

ডিগ্রী অর্থাৎ প্রায় $৫০''$ (বক্রবেখা বা arc) পশ্চিম দিকে সবিবা যাইতেছে। প্রতি বৎসব সূর্য প্রায় ২০ মিনিট অধিক সবিবা আসিবা পব ভারনাল একুইনক্সেব (Vernal Equinox) সহিত মিলিত হব। এইভাবে সাইডেরিষাল বৎসবের তুলনায় আমাদের বৎসব প্রায় ২০ মিনিট কমিতে থাকে। ইহার ফলে, মহাপুত্রে পৃথিবীর বিভিন্ন অবস্থানের সময়ে একই "ঋতু" (season) কাল সংঘটিত হইতে পারে।

প্ৰশ্নমালা-৮

১। পৃথিবীকে চক্ৰ অপেক্ষা ৮০ গুণ বড় এবং সূৰ্য্যেৰ তুলনাৰ ৩০০,০০০ গুণ কম এবং পৃথিবী হইতে সূৰ্য্যেৰ দূৰত্ব চক্ৰেৰ দূৰত্বেৰ তুলনাৰ ৪০০ গুণ বেশী যদিয়া পৃথিবীৰ উপৰ চক্ৰ-সূৰ্য্যেৰ জোষাব-ভাটা স্ফটিকাৰী প্ৰভাবেৰ পৰিমাণ মোটামুটিভাবে নিৰ্ণয় ককন।

২। বৰ্ণনা ককন কেন উত্তৰাকাশেৰ এক নক্ষত্ৰ, এৰ্লিপটিকেৰ পোল (pole) বিন্দুকে কেন্দ্ৰ কৰিয়া আকাশে বৃত্তাকাৰে ভ্ৰমণ কৰে।

৩। ১৮০০০ খ্ৰীষ্টাব্দে ঢাকা হইতে আকাশেৰ দিকে লক্ষ্য কৰিলে কোন সাবকম্পোলাৰ কন্সটিলেশ্যনকে দেখা যাইবে? আজকালকাৰ আকাশে কোন কন্সটিলেশ্যনকে দেখা যাব?

৪। ১০,০০০ খ্ৰীষ্টাব্দে অৰিয়ন (Orion)-কে উত্তৰ মেকবিন্দু হইতে সাবকম্পোলাৰ নক্ষত্ৰ হিসাবে দেখা যাইবে কেন তাহা বৰ্ণনা ককন।

৫। পৃথিবীৰ অৰনচলন এবং পৃথিবীৰ উপবিত্ত স্থানসমূহেৰ অক্ষাংশ পৰিবৰ্তনকাৰী প্ৰভাবসমূহেৰ মধ্য প্ৰভেদ কি তাহা বৰ্ণনা ককন।

৬। সাইডেৰিয়াল বৎসৰ এবং ট্ৰপিকাল (tropical) বৎসৰ-এৰ মধ্য প্ৰভেদ কি তাহা বৰ্ণনা ককন।

নবম অধ্যায় সৌরজগৎ (SOLAR SYSTEM)

প্রাচীনকালের জ্যোতিষিদেবী পৃথিবীকে সৃষ্টিব কেন্দ্রস্থলে করনা কবিয়া মনে কবিতেন যে, চন্দ্র, সূর্য এবং অস্ত্রান্ত গ্রহগুলি পৃথিবীর চাৰিদিকে রাশিচক্ৰের মধ্য দিয়া আবর্তন কৰিতেছে। প্রকৃতপক্ষে আমবা যাহাকে সৌৰজগৎ বলি উহাব প্রধান জ্যোতিক পৃথিবী নহে। সূর্যই সৌৰজগতের শ্রেষ্ঠ জ্যোতিক এবং সৌৰজগৎ মহাবিশ্বেৰ যে আংশিক স্থান জুড়িয়া আছে সেই স্থানের বাবতীৰ জ্যোতিকেব বস্তুব পৰিমাণ (সূর্য ছাড়া) সূর্যেব বস্তুব তুলনায় অতি নগণ্য। সৌৰজগতের সমস্ত বস্তুব গতকৰা ৯৯'৯ ভাগ বস্তু লইবা সূর্য গঠিত। বাকী গতকৰা '১ ভাগ লইবা গ্রহগুলি, ধুমকেতু, উদ্ভাপিও এবং অস্ত্রান্ত উপগ্রহগুলি সৃষ্টি হইবাছে। আমবা পূৰ্বে চন্দ্র ও পৃথিবী সম্বন্ধে আলোচনা কৰিবাছি। এক্ষণে আমবা সৌৰজগতে অস্ত্রান্ত জ্যোতিকেব বিবৰণ পাঠ কবিব। প্রথমে সাধাবণভাবে আমবা সৌৰজগতের গুণাবলী আলোচনা কবিব।

৯১. সৌরজগতের অধিবাসীস্বরূপ

সৌৰজগতের সর্ববৃহৎ জ্যোতিক সূর্য বলিবাঈ আমবা মহাবিশ্বেৰ এই অংশকে সৌৰজগৎ বলি। অস্ত্রান্ত জ্যোতিকগুলিব মধ্যে পৃথিবীকে লইবা ১১টি গ্রহ এবং তাহাদেব উপগ্রহগুলি প্রধান। ইহা ছাড়া এই সৌৰজগতের মধ্যে আমবা ধুমকেতু (Comets), অস্টারয়েড (Asteroids), উদ্ভাপিওসমূহ (Meteorites) দেখিতে পাই। সৌরজগৎ একটি প্রকাণ্ড অংশ জুড়িয়া আছে। ইহাব সৰ্বাপেক্ষা দূৰবর্তী গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবীর তুলনায় ৪০ গুণ দূৰে অবস্থিত। অর্থাৎ সূর্যকে কেন্দ্র কবিয়া প্রায় ৪০০ কোটি মাইল ব্যাসার্ধ লইবা একটি গোলক করনা কবিলে যে বিশাল পৰিমাণ স্থানের অন্তিম অনুভব কৰা যাব, সৌৰজগৎ সেই পরিমাণ স্থান লইবা বিবাজ কৰিতেছে। সূর্য একটি নক্ষত্র (Star)।

সূৰ্য ব্যতিবেকে নিকটতম নক্ষত্ৰেৰ দূৰত্ব কল্পনা কৰিলে সৌৰজগতেৰ অধিকৃত স্থান মহাবিশ্বেৰ তুলনায় নগণ্য বলিষা মনে হ'ব। অজ্ঞাত নক্ষত্ৰগুলি এত দূৰে অবস্থিত যে আমবা সৌৰজগতকে প্রকৃত প্ৰস্তাবে একাট পৃথক জগৎ বলিষা মনে কৰিতে পাৰি।

(ক) সূৰ্য : সৌৰজগতেৰ প্ৰধানতম জ্যোতিষ্ক সূৰ্য। ইহা একাট অতিকায় নক্ষত্ৰ এবং পৃথিৱীৰে পদাৰ্থ দ্বাৰা তৈয়াৰী, ইহাও সেই সমস্ত পদাৰ্থ দ্বাৰা তৈয়াৰী। কিন্তু সূৰ্যেৰ অভ্যন্তৰভাগেৰে তাপ অত্যধিক হওবায় দ্ৰৱতীয় পদাৰ্থই গ্যাসেৰ আকাৰে বিস্তৃমান বহিষাছে। সূৰ্যেৰ বিভিন্ন স্তৰেৰ ওপৰেৰ অত্যধিক চাপেৰ ফলে যে উত্তাপ সৃষ্টি হ'ব সেই উত্তাপই পদাৰ্থেৰ গ্যাসীয় আকাৰেৰে কাৰণ। সূৰ্যেৰ কোন উপবিভাগ (surface) নাই। আমবা যে উপবিভাগ দেখি তাহা “আলো” মাত্ৰ। ইহা সূৰ্যেৰ সেই “স্তৰ” বাহ্যৰ অভ্যন্তৰে আৰু কোন স্তৰ আমবা দেখিতে পাই না। সূৰ্যেৰ বহিৰ্ভাগেৰ অপেক্ষাকৃত হাল্কা গ্যাসেৰ স্তৰ প্ৰায় ৮৬৪,০০০ মাইল স্থান লইবা বিস্তৃত। এই দূৰত্ব পৃথিৱীৰ ব্যাসেৰ ১০০ গুণেৰ অধিক। সূৰ্যেৰ ‘আয়তন’ (volume) পৃথিৱীৰ আয়তনেৰ ১৪ লক্ষ গুণ বৰ। ইহাৰ বৰত্ব পৰিমাণ এমন যে এই বস্তু দ্বাৰা ৩১ লক্ষ পৃথিৱী সৃষ্টি হইতে পাৰে। সূৰ্য হইতে যে তাপ এবং ‘শক্তি’ (energy) পোৱা যায় তাহা সৌৰজগতেৰ সৰ্বত্র ছড়াইবা পড়ে। সূৰ্যেৰ বহিৰ্ভাগেৰ তাপ কমপক্ষে ১১০০০° ফা. এবং অভ্যন্তৰেৰ তাপ ২ কোটি ডিগ্ৰী (ফা.)। আমবা সূৰ্য সম্বন্ধে পৰে আলোচনা কৰিম।

(খ) গ্ৰহ (Planets) : সৌৰজগতেৰ ৯টি গ্ৰহেৰ নাম—পৃথিৱী, মঙ্গল, বুধ, বৃহস্পতি, শুক্ৰ, শনি (অতীতকালেই পৰিচিত ছিল), ইউৰেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো। সূৰ্যেৰ তুলনায় গ্ৰহগুলিৰ সকলেই ঠাণ্ডা, কঠিন এবং আকাৰে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্ৰ। গ্ৰহেৰ নিজেৰ কোন আলো নাই। সূৰ্যেৰ আলোকে ইহাবা আলোকিত দেখান।

পৃথিৱীৰ বৰত্ব পৰিমাণকে সামগ্ৰিকভাৱে “একক” ধৰিলে “বুধ” গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ ০.৫ এবং “বৃহস্পতি” (Jupiter) গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ ৩১৮ একক এবং অজ্ঞাত গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ এই দুইগুণেৰ মান্য নানি হইবে। সেইসকল সূৰ্য হইতে পৃথিৱীৰ দূৰত্বকে “একক” ধৰি

(ইহাকে Astronomical unit বা AU বলে) যবিলে 'বুধ'-গ্রহ ৩৯ AU এবং 'শুক্র' গ্রহের দূরত্ব ৩৯.৪৬ AU-এর সমান এবং অন্যান্য গ্রহের দূরত্বের পরিমাণ এই দুই মানের মধ্যে অবস্থিত । আবার প্রত্যেকটি গ্রহকে এক একটি 'বলেব' মত মনে কবিলে দেখা যায় যে, ক্ষুদ্রতম গ্রহ বুধের ব্যাস ৩০০০ মাইল এবং বৃহস্পতি বা জুপিটারের ব্যাস প্রায় ৮৬০০০ মাইল এবং প্রায় প্রত্যেক গ্রহই বায়ুমণ্ডল (atmosphere)- দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া আছে । সূর্যের চাৰিদিকে একবার ঘূরিয়া আসিতে বুধ-গ্রহের ৮৮ দিন হইতে শুক্র-গ্রহ ২৪৮ বৎসর সময় অতিবাহিত হয় । বিশেষরূপে আশ্চর্যজনক বিষয় এই যে, সমস্ত গ্রহের কক্ষপথই প্রায় একই সমতলে অবস্থিত । কক্ষপথে গ্রহগুলির গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে ৩ মাইল হইতে ৩০ মাইল পর্যন্ত হইয়া থাকে । সূর্যের চাৰিদিকে প্রদক্ষিণ কবিবার সময় প্রত্যেক গ্রহই আপন মেরুদেশের চাৰিদিকে আবর্তন (rotation) করিতেছে । ইহা গ্রহের উপর দিনের (day) স্থায়ীকাল (length) নির্ণয় করে । বৃহস্পতি গ্রহের দিনের দৈর্ঘ্য ৯ ঘণ্টা ১০ মিনিট । বুধ-গ্রহের দিনের পরিমাণ ৮৮ দিন ।

(গ) উপগ্রহ (Satellites) : প্রায় প্রত্যেক গ্রহেই উপগ্রহ (চাঁদ) আছে । শুক্রগ্রহ 'বুধ', 'শুক্র' (Venus) এবং শুক্র-গ্রহ উপগ্রহ আছে কিনা জানা যায় নাই । বৃহস্পতি (Jupiter)-এর ১২টি, 'শনি' (Saturn)-এর ১৫টি, ইউরেনাস (Uranus)-এর ৫টি, নেপচুন এবং মঙ্গল (Mars)-এর প্রত্যেকের ২টি এবং পৃথিবীর একটি উপগ্রহ আছে । এই ৩১টি উপগ্রহের মধ্যে ৬টি উপগ্রহ আমাদের চন্দ্র (Moon) অপেক্ষা বৃহত্তর । প্রায় সব কক্ষি উপগ্রহই তাহাদের স্বকীয় গ্রহের চাৰিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে ঘূরিতেছে এবং প্রায় প্রত্যেক উপগ্রহই স্বকীয় গ্রহের 'বিশুবতলের' (Equatorial plane) সহিত সামান্ত কোণে (চন্দ্র ৫° কোণে) অবস্থিত সমতলে পবিত্রমণ করিতেছে ।

(ঘ) ধূমকেতু (Comets) : সৌরজগতে সূর্যের চাৰিদিকে অত্যন্ত 'লম্বা' (elongated) উপবৃত্তাকার পথে যে সমস্ত "ক্ষুদ্রাকৃতি প্রস্তর খণ্ডের সমষ্টি" একত্রিত অবস্থায় পবিত্রমণ করিতে দেখা যায় তাহাদিগকে-

ধুমকেতু (Comet) বলে। ধুমকেতুব পবিত্রমণ পথ এত লম্বা যে ইহার অধিকাংশ সময় সূর্য হইতে দূরে থাকে এবং অতি অল্প সময়ের জন্য সূর্যের নিকটে আসে। যখন সূর্যের নিকটে আসিয়া পড়ে তখন ইহা সূর্যের তাপে উত্তপ্ত হইয়া থাকে এবং ফলে ধুমকেতুব অংশবিশেষ বাষ্পাকারে পবিণত হইয়া একটি মেঘের আকার ধারণ করিয়া থাকে। এই মেঘাকৃতি অংশকে 'Coma' বলে। ইহা ধুমকেতুব 'মাথা' (head)। যখন ধুমকেতু পৃথিবী অপেক্ষা কয়েক গুণ দূরে আসে তখন সূর্যের 'বিকিরণ' (radiation) প্রভাবে ইহাব 'মাথা' হইতে অংশবিশেষ বিচ্ছিন্ন হইয়া, একটি লম্বা "লেজ" (tail) সৃষ্টি করে। ধুমকেতুব বস্তু পরিমাণ পৃথিবীর তুলনায় অতি সামান্য। এ পর্যন্ত সহস্রাধিক ধুমকেতু দেখা গিয়াছে। প্রতি বৎসর প্রায় ৫ হইতে ১০ টি ধুমকেতু আবিষ্কৃত হইয়া থাকে। ইহাদের পবিত্রমণকাল সহস্র বৎসরের অধিক হইতে পারে। ইহাদের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত নানা কোণে বিস্তারিত থাকে।

(৬) ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহপুঞ্জ (Asteroids or minor planets) : উপবিমলিখিত ৯টি গ্রহ ছাড়াও অনেক ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে নির্দিষ্ট পথে পবিত্রমণ করে। ইহাদের সংখ্যা দশ সহস্রের অধিক এবং ইহাদিগকে টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। Ceres নামক গ্রহটি এই পর্যায়ের গ্রহগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ এবং ইহাব ব্যাস প্রায় ৫০০ মাইল। অল্প সংখ্যক ক্ষুদ্র গ্রহ ৫০ মাইলের অধিক ব্যাস বিশিষ্ট দেখা যায়।

বৃহৎ গ্রহগুলির মতই ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি সূর্যের চারিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে ঘূর্ণিতহে এবং সূর্য হইতে অন্ততঃ ২½ AU দূরে অবস্থিত এবং ইহাদের পবিত্রমণ কাল (period of revolution) ৪ হইতে ৬ বৎসর। ইহাবা সৌরজগতে মঙ্গল (Mars) এবং বৃহস্পতি (Jupiter) গ্রহের মধ্যখানে অবস্থিত।

(৭) উল্কাপিণ্ড (Meteorites) : টেলিস্কোপেও দেখা যায় না এমন সহস্র প্রকার কঠিন জড় পদার্থ সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণ করিতে করিতে পৃথিবীর চারিপার্শ্বের বায়ুমণ্ডলের সংস্পর্শে আসিয়া পড়ে এবং

বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে (friction) ভস্মীভূত হইয়া পড়ে। উল্লস্তু অবস্থায় আমবা আকাশে যখন এই উদ্ভাপিও দেখি তখন ইহাকে আমবা “shooting-star” বলে। সমব সমব উদ্ভাপিও বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে সম্পূর্ণরূপে ভস্মীভূত না হইয়া অংশবিশেষ পৃথিবীতে পতিত হয়। অনেক দেশেব বাদুঘবে এমন উদ্ভাপিও বক্ষিত আছে, ইহাকে meteorite বলে।

৯২ গ্রহগুলি সম্বন্ধে মূল জ্ঞাতব্য বিষয়

একটি গ্রহেব বস্তুর পরিমাণ, ইহার আকার বা দাবতন এবং সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব জানা থাকিলে আমরা গ্রহ সম্বন্ধে আবও বিষয় জানিতে পারি। যেমন এই গ্রহেব বায়ুমণ্ডল আছে কিনা এবং ইহার তাপ কি প্রকার।

কোন গ্রহের দূরত্ব জানিতে হইলে Kepler-এর নিয়মাবলীর সাহায্য লইতে হয়। পৃথিবীর কক্ষপথেব বিভিন্ন অবস্থান হইতে একটি গ্রহকে লক্ষ্য করিয়া Kepler-এর নিয়মাবলী অবলম্বনে পৃথিবীর দূরত্বেব তুলনায় গ্রহটি কতদূরে অবস্থিত তাহা নির্ণয় করা যায়।

গ্রহেব বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় কবিতে হইলে, গ্রহটি অন্য একটি জ্যোতির্দেব নিকটবর্তী হইবার সময় ঐ জ্যোতির্দেবটির উপর কি মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব বিস্তার করে তাহা নির্ণয় কবিতে হয়। এইজন্য তিনটি পদ্য অবলম্বন বাঞ্ছনীয় যথা—(১) এই গ্রহটি স্বকীয় উপগ্রহেব পবিক্রমণ পথে “গতি বৃদ্ধি” (acceleration) কতটা সৃষ্টি করে তাহা পরিমাপ কবিতে হয়, (২) গ্রহটি অন্য গ্রহেব পতিপথে কি “প্রভেদ” (perturbation) সৃষ্টি করে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয় এবং (৩) ক্ষুদ্রতর কোন গ্রহেব নিকটবর্তী অবস্থানের সময় কতটা প্রভেদ সৃষ্টি হইয়া থাকে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয়।

যদি একটি গ্রহেব একটিন্মাত্র উপগ্রহ থাকে (যেমন পৃথিবীর) তাহা হইলে গ্রহ এবং উপগ্রহটিকে সম্মিলিতভাবে পরস্পরেব চারিদিকে আবর্তনবত এক জোড়া জ্যোতির্দেবকে কল্পনা করিয়া পরস্পরেব পবিক্রমণ-কাল এবং উভয়েব মধ্যে কৌণিক দূরত্ব নির্ণয় করা সহজেই সম্ভব হইয়া থাকে। কৌণিক দূরত্ব হইতে বৈদিক দূরত্ব নির্ণয় কবিবার পর

Kepler-এর তৃতীয় 'সূত্র' (law) ব্যবহার করিয়া গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যাহা হউক প্রায় গ্রহেরই একাধিক উপগ্রহ আছে বলিয়া উপবোক্ত সমাধান সর্বক্ষেত্রে সম্ভব না হইলেও আমবাঃ ইহা ব্যবহার কবিত্তে পাবি এইজন্ত যে উপগ্রহগুলি মূল গ্রহের তুলনায় অতিশয় ক্ষুদ্র। অতএব একাধিক উপগ্রহ বিশিষ্ট গ্রহের ক্ষেত্রে আমবাঃ গ্রহটিকে এবং যে-কোন একক্টমাত্র উপগ্রহ লইয়া (এবং অত্র উপগ্রহগুলির অন্তিম অস্বীকার কবিয়া) উপরের বর্ণনা অনুসারে গ্রহটির বস্তু পরিমাণ নির্ণয় কবিত্তে পাবি।

যে গ্রহের উপগ্রহ নাই এমন গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় কট-সাধ্য ব্যাপার। এইক্ষেত্রে অত্র কোন জ্যোতিষের উপর গ্রহটির প্রভাব কিরূপ তাহা নির্ণয় কবিত্তে হয়। বহুদিন ধবিয়া গ্রহগুলির গতিবিধি লক্ষ্য কবিলে কোন নিদিষ্ট গ্রহ অত্র গ্রহের উপর কি "প্রভেদ" সৃষ্ট কবিয়া থাকে তাহা নির্ণয় করা যায়। প্রায় শতাধিক বৎসর পূর্বে এইরূপ গ্রহের গতিবিধি লক্ষ্য কবিয়া নেপচুন (Neptune) গ্রহ আবিষ্কার করা হইয়াছিল।

যদি একটি ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ কোন গ্রহের নিকটবর্তী হয় তাহা হইলে ক্ষুদ্র গ্রহটির পথিক্রমণ পথ বহুলাংশে পবিবর্তিত হইয়া থাকে। ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ গ্রহের নিকটবর্তী হইলে আমবাঃ এই গ্রহ দুইটিকে এক জোড়া, জ্যোতিক হিসাবে ধবিলে উহাদের একটি অপবটির তুলনায় হাইপার বোলীয় (hyperbolic) পথ সৃষ্ট কবিবে। এইক্ষেত্রে বৃহৎ গ্রহটি স্বকীয় কক্ষপথ হইতে অতি সামান্য পথদ্রষ্ট হইবে কিন্তু ক্ষুদ্র গ্রহটির পথ পবিবর্তিত হইবে। এই পরিবর্তনের জ্ঞান হইতে আমবাঃ মোটামুটিভাবে Kepler-এর তৃতীয় সূত্র ব্যবহার কবিয়া বৃহৎ গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় কবিত্তে পাবি।

(খ) গ্রহের উপরিভাগের তাপ : একটি গ্রহের উপবিভাগে সূর্যের তাপ কি পবিমাণে পতিত হয় তাহা হইতে আমবাঃ গ্রহের তাপ নির্ণয় কবিত্তে পারি। কোন স্থানে পতিত সূর্যবশ্মির পবিমাণ ঐ স্থানের সূর্য হইতে দূরত্বের উপর নির্ভর করে। যে অনুপাতে দূরত্বের বর্গ

বাড়িতে থাকিবে সেই অনুপাতে সূর্যতাপের পবিমাণ ক্রমিত থাকিবে। পতিত সূর্যের তাপ প্রতিক্রিয়া হইয়া ফিরিয়া যাইবার পর যেটুকু গ্রহ কতৃক গৃহীত হয় সেই তাপ গ্রহেব তাপমাত্রা বাড়াইবা দেয়। কোন বস্তু উত্তপ্ত হইবার সময় সঙ্গে সঙ্গে তাপ বিকিরণ করিতে থাকে। এইভাবে উত্তাপ বাড়াইতে থাকিলে অবশেষে এক সাম্য-ভাবেব সৃষ্টি হয়। এই অবস্থাব যতটা তাপ প্রতি সেকেন্ডে ঐ বস্তু গ্রহণ করিতে থাকিবে তিক ততটা তাপ প্রতি সেকেন্ডে বিকীর্ণ হইবে। বৈজ্ঞানিকেরা প্রমাণ করিয়াছেন যে, একটি “আদর্শ” (ideal) বিকিরণ-শীল পদার্থের উপবিভাগ হইতে ইহার তাপমাত্রা $T (^{\circ}k)$ থাকা অবস্থাব বিকীর্ণ শক্তি (radiated energy) E (প্রতি বর্গ সেন্টি-মিটারে) এর পবিমাণ

$$E = 5.67 \times 10^{-8} T^4$$

যদি একটি গ্রহকে এমন আদর্শ বিকিরণশীল বস্তু হিনানে গ্রহণ করা যায় তাহা হইলে আমরা এই সূত্র ব্যবহাব করিয়া গ্রহের উপবিভাগেব তাপমাত্রা নির্ণব করিতে পারি। এখানে অবশ্যই আমাদিগকে মনে রাখিতে হইবে যে, কোন গ্রহই উপবেব বর্ণনানুযায়ী “আদর্শ” নহে এবং কোন কোন গ্রহেব চারিপাশে বায়ুমণ্ডল থাকাব গ্রহেব তাপমাত্রা প্রভাবান্বিত হইবা থাকে। বাহা হউক এই সমস্ত অসুবিধা সত্ত্বেও উপবেব সূত্রেব সাহায্যে গ্রহেব তাপমাত্রাব একটি সম্যক্ জ্ঞান লাভ করিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ মনে ককন আমরা শনি গ্রহেব (Saturn) তাপমাত্রা জ্ঞানিতে চাই। এই গ্রহটি সূর্য হইতে ৯.৫৪ AU দূবে অবস্থিত। অতএব ইহা পৃথিবীব প্রাপ্ত তাপেব $\frac{1}{(9.58)^2}$ অংশ পবিমাণ তাপ পাইবা থাকে। পৃথিবীব প্রাপ্ত তাপেব পবিমাণ 1.06×10^8 আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)^২। অতএব শনি গ্রহে প্রাপ্ত তাপেব পবিমাণ

$$\frac{1.06 \times 10^8}{(9.58)^2} = 1.18 \times 10^6 \text{ আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)}^2$$

ইহার মধ্যে শতকরা ৫০ ভাগ তাপ বিকিরণ রূবে এবং বাকী ৫০ ভাগ তাপ গ্রহণ (absorb) কবে। গ্রহণীত তাপেব পবিমাণ 5.9×10^5

আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)^২। E-এর মান এইরূপ লইলে আমরা T-এর মান ১০৭°K পাই। ইহা ২৭০°F-এর সমান।

(গ) বায়ুমণ্ডল: বুধ (Mercury) এবং প্লুটো (Pluto) গ্রহদ্বয় ব্যতীত প্রায় সব গ্রহই গ্যাস দ্বারা আবৃত। গ্রহেব বায়ুমণ্ডল নানা-ভাবে আমাদের কাছে ধরা পড়ে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত অল্পক্ষ মেঘ সূর্যালোক প্রতিফলিত করে। মঙ্গল গ্রহেব বায়ুমণ্ডল অতিশয় পাতলা এবং টেলিস্কোপের সাহায্যে আমরা এই বায়ুমণ্ডলের স্বল্প অতিক্রম কবিতা গ্রহেব উপবিভাগের প্রকৃতি লক্ষ্য কবিতাব সুযোগ পাই। গ্রহেব বায়ুমণ্ডল নীল আলো সহজেই বিচ্ছিন্ন (scatter) কবিতে পাবে। বায়ুমণ্ডল হইতে প্রতিফলিত সূর্যবর্ণিকে Spectroscope-এব সাহায্যে পরীক্ষা কবিতলে উক্ত বায়ুমণ্ডলে কি কি গ্যাসেব সমাবেশ আছে তাহা আমরা জানিতে পাবি।

(ঘ) বায়ুমণ্ডল এবং গ্রহেব মাধ্যাকর্ষণ শক্তি: একটি গ্রহকে আবেষ্টন কবিতা যে বায়ুমণ্ডল অবস্থান করে সেই বায়ুমণ্ডলেব “অণুগুলি” (molecules) সর্বদা গতিশীল। অণুগুলিগ গতিগ গড় যদি গ্রহেব উপবিভাগ হইতে পলায়নশীল (escape) গতিগ হৈ অংশেব অধিক হয় তাহা হইলে ঐ বায়ুমণ্ডলেব গ্যাস প্রায় ১০ কোটি বৎসবে গ্রহচ্যুত হইবা চলিবা বাইবে। সুতবাং বায়ুমণ্ডলেব কোন গ্যাসেব “গতি গড়” (average speed) যদি হৈ অংশ অপেক্ষা বেশী হইবা থাকে তাহা হইলে ঐ গ্যাস গ্রহেব সহিত বায়ুমণ্ডলে অবস্থান কবিতে থাকিবে। আমরা জানি যে কোন গ্যাসেব অণুগুলি সাধাবণ গতিবেগ (average molecular speed) গ্যাসেব তাপমাত্রাব বর্গমূল এবং অণুগ বিপকীত পরিমাণেব (mass) বর্গমূলেব অনুপাতে বৃদ্ধি পাব। এই-সমস্ত তথ্য হইতে আমরা সিদ্ধান্ত গ্রহণ কবিতে পাবি যে, বুধ (Mercury), Ceres এবং চন্দ্র (Moon) প্রভৃতি জ্যোতিষ্কেব বায়ুমণ্ডলে আমরা দেব পবিচিত গ্যাস অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বিস্তারিত থাকিতে পাবে না। ইউরেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো গ্রহগুলিগ মধ্যে সর্বপ্রকাব গ্যাসই

বিদ্যমান থাকিতে পারে। কিন্তু এই গ্রহ তিনটিতে গ্যাসগুলি বায়বীয় আকারে না থাকিয়া তরল পদার্থের আকারে থাকিতে পারে।

মঙ্গল গ্রহে কোন হাইড্রোজেন গ্যাস নাই। বৃহৎ গ্রহ তিনটি বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn) গ্রহে সর্বপ্রকার গ্যাসই বিদ্যমান আছে।

(ঙ) সারাংশ : সৌরজগতের বিভিন্ন গ্রহ নানাভাবে পবস্পব বিভিন্ন। তাহাদের পবস্পরের দূরত্ব, তাহাদের আকার, বায়ুমণ্ডল এবং বস্তুর পবিমাণ সকল কিছুই গ্রহবিশেষে বিভিন্ন হইয়া থাকে। আমরা নীচে সংক্ষেপে গ্রহগুলির সম্পর্কে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়ের তালিকা সংযুক্ত করিলাম :

এখানে পৃথিবীর দূরত্ব = ১ AU, পৃথিবীর বস্তুর পবিমাণ = ১ একক।

গ্রহ	বৃহ	ভর	পৃথিবী	মঙ্গল	বৃহস্পতি	শনি	ইউরেন- মাস	নেপচুন	প্লুটো
সূর্য হইতে দূরত্ব	১	৩৬	১	১৫	৫	১০	২০	৩০	৪০
পৃথিবীর তুলনায় বস্তুর পরিমাণ	১/৩৬৫	১/৩৬৫	১	১/৩৬৫	৩১৮	৯৫	১৫	১৭	—
বায়ু পৃথিবীর তুলনায়	১/৩৬৫	১	১	১/৩৬৫	১১	২	৪	৪	—
আক্ষিক গতি	৮৮ দিন	২০০ দিন	২৪ ঘণ্টা	২৪ ১/২ ঘঃ	১০ ঘঃ	১০ ঘঃ	১১ ঘঃ	১৬ ঘঃ	৬ দিন
Velocity of escape	২৫	৬২	৭	৩	৬৭	২২	১৬	১৪	—
উপগ্রহের সংখ্যা	০	০	১	০	১২	০	৫	২	০
তাপের গড় (°K)	৬০০	৬৭০	৩৩০	৩০০	১৪০	১১০	৮০	৬০	৫০

দশম অধ্যায় অন্যান্য গ্রহ (PLANETS)

১০.১. বুধ গ্রহ (Mercury)

আকাশে জ্যোতিকগুলির মধ্যে বুধ গ্রহটি অত্যন্ত উজ্জ্বল জ্যোতির্বেব মধ্যে একটি। এই গ্রহটি সূর্যের অতি নিকটে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহাব বৃহত্তম কৌণিক দূরত্ব ২৮"। নগ্নচোখে আমবা এই গ্রহটিকে মাত্র ১ সপ্তাহ কাল সমবেব জন্ত দেখিতে পাই। যখন ইহা বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানে আসে তখন সূর্যোদয়ের পূর্বে কিংবা সূর্যাস্তের পর পবই ইহাকে আকাশে দেখা যায়। বুধ গ্রহেব 'সাইনডিক' কাল (synodic period) মোট প্রায় ১১৬ দিন হওয়ায় বৎসবে প্রায় তিনবার আমবা গ্রহটিকে "ভোবেব তাবা" (morning star) ঙ্বেং "সাক্ষ তাবা" (evening star) হিসাবে দেখিতে পাইব। শুধুমাত্র গোবুলি লগ্নে (twilight) অথবা ভোবেলায় সামান্য সমবেব জন্ত আমবা বুধ গ্রহকে দেখিতে পাই। প্রাচীন গ্রীকেবা এই জ্যোতিকেব নাম "Mercury" ঙ্বেং বাংলাদেশ-পাক ভারতবাসীবা ইহাব নাম "বুধ" দিবাছিলেন।

বুধ গ্রহটি সূর্যের অতি নিকটবর্তী থাকায় ইহাব বার্ষিক গতিক সময় মোটে ৮৮ দিন ঙ্বেং আবর্তন-পথে বা কক্ষপথে ইহাব গতি ৩০ মাইল/সেকেণ্ড। সূর্য হইতে ইহাব নিকটতম দূরত্ব ২ কোটি ৮৬ লক্ষ মাইল ঙ্বেং বৃহত্তম দূরত্ব ৪ কোটি ৩৪ লক্ষ মাইল। এই গ্রহেব কোন উপগ্রহ না থাকায় ইহাব বস্তব পরিমাণ নির্ণয় কবা কঠিন। যাহা হউক, অত্যন্ত জ্যোতিক নিকটবর্তী হইলে, বুধ গ্রহেব মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব লক্ষ্য কবা সম্ভব হয় ঙ্বেং এই প্রভাব হইতে গ্রহটির বস্তব পরিমাণ নির্ণয় কবা সম্ভব। ১৯৬৮ সালেব মে মাসে Icarus নামক ক্ষুদ্র একটি গ্রহ

বুধ গ্রহের মাত্র ৮০ লক্ষ মাইলের মধ্যে আসিযাছিল। গ্রহটির উপর বুধ গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব পর্যবেক্ষণ কবিয়া দেখা গিয়াছে যে, বুধ গ্রহের বস্তুব পরিমাণ পৃথিবীর বস্তুর ০.০৫৪ অংশ মাত্র।

বুধ গ্রহের ব্যাস প্রায় ৩০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর অর্ধেকাপেক্ষা কম। গড়ে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব ৫.৫। অনেকে মনে করেন যে, বুধ গ্রহের মধ্যে-ভাবী পদার্থগুলির সমাবেশ পৃথিবীর তুলনায় কিছুটা বেশী। পর্যবেক্ষণ কবিয়া দেখা গিয়াছে যে, চন্দের মতই বুধ গ্রহের একই অংশ সূর্যের দিকে মুখ কবিয়া আছে। Thermopile নামক তাপমাত্রা যন্ত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হইয়াছে, বুধ গ্রহের সূর্যাভিমুখী অংশের তাপমাত্রা ৬১০°K (প্রায় ৬৪০°F) এবং অক্ষকাবাচ্ছন্ন অংশের তাপমাত্রা ১০°K — ২০°K । বুধ গ্রহকে সাধারণতঃ সর্বাপেক্ষা উত্তপ্ত এবং সর্বাপেক্ষা ঠাণ্ডা গ্রহ বলা হয়। বুধ গ্রহের উপর পতিত সূর্যালোকের polarization হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব আবিষ্কার করা হইয়াছে। বাহ্যিক গ্রহটির সামান্য মাধ্যাকর্ষণের ফলে কোন বায়ুমণ্ডল চিহ্নস্বায়ী থাকিতে পারে না। সর্বদাই বহির্জগতের সহিত ইহার বায়ুমণ্ডলের গ্যাসের আদান-প্রদান হইয়া থাকে।

১০.২ শুক্র গ্রহ (Venus)

প্রাচীনকালের গ্রীকগণ এই জ্যোতিষকে প্রেম এবং সৌন্দর্যের দেবী বলিয়া মনে করিতেন। বাংলাদেশ-পাক ভারতের অধিবাসীরা এই জ্যোতিষকে “শুক্রে” বা “শুকতাবা” নামে অভিহিত কবিয়া থাকেন। পৃথিবী হইতে ইহা মাত্র ২ কোটি ৫০ লক্ষ মাইল দূরে অবস্থিত। স্নাত্তিকালে আকাশে ইহাকে অত্যন্ত উজ্জ্বল দেখায। এমন কি দিনের বেলায়ও ইহাকে আমবা দেখিতে পাই। বুধ গ্রহের মত “শুকতাবাও পৃথিবী অপেক্ষা সূর্যের নিকটে অবস্থিত বলিয়া আমবা কখনও ইহাকে “সাক্ষ্য তারা” কখনও বা “ভোবের তাবা” হিসাবে দেখিতে পাই। “শুকতাবাব” কৌণিক দূরত্ব প্রায় ৬৭° ।

সূর্য হইতে শুক্র গ্রহের দূরত্ব প্রায় ৬ কোটি ৭২ লক্ষ ৭০ হাজার মাইল। ইহার প্রকৃত কক্ষপথ উপবৃত্তাকার হইলেও এই কক্ষপথের

কেন্দ্ৰাপসান্ৰিতা (eccentricity) মাত্ৰ ০.০০৭ হওয়াৰ আমবা এই কক্ষপথকে বৃত্তাকাৰ বলিয়া মনে কৰিতে পাৰি। শূক্ৰ গ্ৰহেৰ সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে প্ৰদক্ষিণকাল ২২৫ দিন এবং আবৰ্তন গতিবেগ প্ৰায় ২২ মাইল/সেকেণ্ড। ইহাৰ সাইনডিক কাল ৫৮৪ দিন এবং কক্ষপথেৰ সহিত পৃথিবীৰ কক্ষপথ $৩^{\circ}২৪'$ মিনিট কোণে অবস্থিত।

শূক্ৰ গ্ৰহেৰ কোন উপগ্ৰহ নাই। পৃথিবীৰ উপৰ ইহাৰ মাধ্যা কৰ্ষণ শক্তিৰ প্ৰভাৱ অবগত হইবা আমবা এই গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰিতে পাৰি। এইভাবে দেখা যায় যে, এই গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ পৃথিবীৰ তুলনাৰ মাত্ৰ ০.৮২ অংশ। ইহাৰ আকাৰ প্ৰায় পৃথিবীৰ ছাৰ (ব্যাস ৭৭০০ মাইল) এবং ইহাৰ আপেক্ষিক গুৰুত্ব ৫.১।

টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে দেখিলে দেখা যাইবে যে, শূক্ৰ গ্ৰহেৰ চক্ৰেৰ মত ক্ষয় বা বৃদ্ধি আছে। শূক্ৰ গ্ৰহকে আমবা পূৰ্ণভাবে আলোকিত (পূৰ্ণিমা) দেখিতে পাই না। ইহাৰ কাৰণ এই যে, এই সময় শূক্ৰ গ্ৰহ, সূৰ্য এবং পৃথিবী এক সূত্ৰে অবস্থিত (superior conjunction) থাকে। যখন গ্ৰহটি crescent আকাৰে আসে সেই সময় ইহাকে সবচেয়ে উজ্জ্বল দেখা যায়। সাধাৰণতঃ একই সূত্ৰে (inferior conjunction, পৃথিবী, শূক্ৰ গ্ৰহ এবং সূৰ্য) আসিবাব ৩৬ দিন পূৰ্বে এবং ৩৬ দিন পৰে গ্ৰহটিকে আকাশে উজ্জ্বলতম দেখা যায়। এই গ্ৰহটি যন মেৰে আবৃত আছে বলিয়া আমবা ইহাৰ উপবিভাগেৰ কোন বৰ্ণনা জানিতে পাৰি না। যেমনি বস্তুৰ সাহায্যে ফটোগ্ৰাফ লইবা ইহাৰ উপবিভাগেৰ কিছু বহুত সম্যক আবিষ্কৃত হইয়াছে।

শূক্ৰ গ্ৰহেৰ আপন মেৰুদণ্ডেৰ উপৰ আবৰ্তন কাল সহজে সঠিক তথ্য জানা আজিও সম্ভব হব নাই। অনেকে মনে কৰেন যে, ইহা অতি ধীবে (সম্ভবতঃ ২২৫ দিনে) বাৰ্ষিক গতিৰ সময়ৰ অনুকূপ সময়ে আপন মেৰুদণ্ডেৰ চাৰিদিকে ঘূৰিবা আসে। গত ১৯৬০ এবং ১৯৬২ সালে Radar হইতে E. M. ডেউ পাঠাইবা প্ৰতিফলিত ডেউষেৰ স্তান লাভ কৰা সম্ভব হইয়াছে এবং জানা গিয়াছে যে, গ্ৰহটি মোটামুটি ধীৰগতিতেই আবৰ্তন কৰে।

শুক্র গ্রহেব albedo-এর পরিমাণ ০.৭৬ হইতে তাপমাত্রাব গড় প্রায় 238°K পরিমাণ হিসাব করা হইয়াছে। কিন্তু গ্রহ হইতে প্রাপ্ত Radio ডেউয়েব জ্ঞান হইতে আমরা জানিতে পারি যে, ইহাব উপবিভাগেব তাপমাত্রাব গড় প্রায় 600°K (680°F)। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল বিস্তারিত। কিন্তু এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন আছে কিনা তাহা আজিও জানা যায় নাই। শুক্র গ্রহ হইতে প্রতিফলিত আলোব polarization হইতে জানা যায় যে বায়ুমণ্ডলে কিঞ্চিৎ জলকণা বিস্তারিত। ইহাব চারিদিকে বেষ্টিত মেঘে কিঞ্চিৎ হালুদ আভা লক্ষ্য করা গিয়াছে। এমনো হইতে পারে যে মেঘে জলকণার সহিত অল্প গ্যাসের মিশ্রণ সংগঠিত হইয়াছে।

১০.৩. পৃথিবী (Earth)

পৃথিবী সম্বন্ধে আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি।

১০.৪. মঙ্গল গ্রহ (Mars)

আমাদের নিকট প্রতিবেশী হিসাবে মঙ্গল গ্রহ সর্বাধিক মনোযোগ আকর্ষণ করিয়াছে। আজিকার এই বকেটেব যুগে আমরা এমন এক যুগ-সন্ধিক্ষণে আসিয়াছি যে মানুষ যে-দিন মঙ্গল গ্রহে পৌঁছিতে সেদিন অতি নিকটে মনে হইতেছে। অনেকে মনে করেন যে, মঙ্গল গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে। আমরা এখানে, গ্রহটির সম্বন্ধে জানা গিয়াছে এমন, বাবতীয় তথ্য সংক্ষেপে আলোচনা করিব।

মঙ্গল গ্রহের কক্ষপথ : সূর্য হইতে এই গ্রহেব দূরত্ব গড়ে প্রায় ১৪১,৬৯০,০০০ মাইল। সূর্য হইতে ন্যূনতম এবং বৃহত্তম দূরত্বেব মধ্যে ব্যবধান প্রায় ২৬,০০০,০০০ মাইল। সূর্যেব চারিদিকে ঘুরিয়া আসিতে মঙ্গল গ্রহেব প্রায় ৬৮৭ দিন প্রয়োজন হয়। ইহাব সাইনডিক পিরিয়ড প্রায় ৭৮০ দিন। যখন গ্রহটি সূর্যের ঠিক বিপরীত দিকে আসে তখন আমরা সাধারণত ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই। ১৯৬৯ সালেব জুন মাসে এবং ১৯৭১ সালেব আগস্ট মাসে মঙ্গল গ্রহ পৃথিবীর ভূলনায সূর্যেব বিপরীতমুখী হইয়াছিল।

মঙ্গল গ্রহের উপগ্রহ : ১৮৭৭ সালে Asaph Hall নামক জ্যোতির্বিদ সর্বপ্রথম মঙ্গল গ্রহের দুইটি 'উপগ্রহ' বা 'চন্দ্র' (Satellite) আবিষ্কার করেন। ইহাদের নাম যথাক্রমে Phobos এবং Deimos ; ইহাদের মধ্যে Phobos, মঙ্গল গ্রহের কেন্দ্র হইতে ৫৮০০ মাইল এবং ৭৬.৪০ মিনিটে গ্রহকে একবার আবর্তন করে। পক্ষান্তরে Deimos, ১৪,৬০০ মাইল দূরে থাকিয়া ৩০ ঘ. ২০ মিনিটে গ্রহকে আবর্তন করে। মঙ্গল গ্রহের স্বীয় অক্ষবেখার (axis) চাৰিপার্শ্বে আবর্তন করিতে যে সময়ে প্রয়োজন হয় (আহ্নিক গতিব সময় বা দিবা-রাত্রিব দৈর্ঘ্য) তাহা অপেক্ষা Phobos-এর আবর্তন-কাল কম বলিয়া মঙ্গল গ্রহের অধিবাসীরা Phobos কে পশ্চিম আকাশে উঠিতে দেখিবেন। উপগ্রহ দুইটি আবর্তনে অতি ছোট।

মঙ্গল গ্রহের অন্ত্যন্ত জ্যোতির্বিদ্য বিষয় : Kepler-এর সূত্র হইতে পূর্ববর্ণিত উপায় অবলম্বনে গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহটির মোট বস্তুর পৰিমাণ পৃথিবীর বস্তুর প্রায় দশমাংশ। গ্রহটির ব্যাস প্রায় ৪২০০ মাইল এবং বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় ৪। যে ব্যক্তি ২০০ পাউণ্ড ওজনের সমান, সেই ব্যক্তি মঙ্গল গ্রহে মাত্র ৭৫ পাউণ্ড ওজনের সমান ভাব বোধ হইবে। গ্রহটির কেন্দ্রে বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় ১।

টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে গ্রহটি একটি কমলা বর্ণের বলের মত মনে হয়। আকাশে ইহার কৌণিক ব্যাস ২৫" সেকেন্ড। যেহেতু গ্রহটি পৃথিবীর ভুলনাথ সূর্য হইতে অধিক দূরে অবস্থিত সেহেতু আমরা পৃথিবী হইতে গ্রহটির ক্ষয়-বৃদ্ধি (Phases) দেখিতে পাই না। মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগের বং কতকটা হলুদ এবং কমলা বর্ণের মিশ্রণের মত অথবা লাল মনে হয়। এ পর্যন্ত মঙ্গল গ্রহে কোন পাহাড়-পর্বতের অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায় নাই। তবে গ্রহের উপবিভাগে সমুদ্রের অস্তিত্ব টেলিস্কোপের সাহায্যে বুঝিতে পারা যায়।

মঙ্গল গ্রহের সাইডেরিয়াল দিনের দৈর্ঘ্য ২৪ ঘ. ৩৭ মি. ২৫ সেক.। এই গ্রহের বিষুবরেখা (Equator) কক্ষপথের সমতলের সহিত প্রায়

২৫° কোণে অবস্থিত। আমাদের পৃথিবীর মতই মঙ্গল গ্রহে শীত, গ্রীষ্ম বসন্ত, শরৎ প্রভৃতি ঋতুর অস্তিত্ব আছে।

মঙ্গল গ্রহ হইতে প্রাপ্ত “infra red” রশ্মির radiation-এর পৰিমাণ নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহে সর্বাধিক তাপের পৰিমাণ প্রায় ৩০০°K বা ৮০°F, বিষুবাক্ষরে ব্যতিক্রমের তাপমাত্রা ৪°F হইতে প্রায় ৪০°F পর্যন্ত বৃদ্ধি হয়। মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগ হইতে প্রতিফলিত সূর্য্য রশ্মির “বিস্তৃতি” (scattering) হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। একইভাবে প্রতিফলিত রশ্মির polarization-এর পৰিমাণ হইতে গ্রহের বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করা যায়। এইভাবে হিসাব করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা নির্ণয় করিয়াছেন যে, মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগে বায়ুমণ্ডলের চাপ পৃথিবীর অনুরূপ চাপের দশমাংশ।

গ্রহ হইতে প্রাপ্ত প্রতিফলিত সূর্য্য-রশ্মিকে Spectroscopy-এর সাহায্যে বিশ্লেষণ করিয়া গ্রহের বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন গ্যাসের আনুপাতিক পরিমাণ নির্ণয় করা হইয়াছে। এ সম্বন্ধে আজিও কোন দৃঢ় সিদ্ধান্তে আসা সম্ভব হয় নাই। অনেকে মনে করেন যে, এই বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন কম্পাউণ্ড প্রচুর পৰিমাণে বিস্তারিত।

মঙ্গলগ্রহে কোন জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা এবং কিরূপ জীবের অস্তিত্ব থাকা সম্ভব সে সম্বন্ধে আজিও কোন সঠিক সিদ্ধান্তে বৈজ্ঞানিকেরা আসিতে পারেন নাই।

১০.৫ বৃহস্পতি (Jupiter)

সৌরজগতে এই গ্রহটি আয়তনে এবং বস্তুর পরিমাণে বৃহত্তম গ্রহ। প্রাচীনকালে গ্রীকগণ সবচেয়ে বড় দেবতাব (Gods) নামানুসারে এই গ্রহের নামকরণ করেন। সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব গড়ে ৪৮ কোটি মাইল—প্রায় পৃথিবীর দূরত্বের ৫ই ৩৭ বেশী। ইহা সূর্যকে ১২ বৎসরে একবার প্রদক্ষিণ করে। গড়ে গ্রহটি আপন বক্ষগণ্ডে প্রতি সেকেন্ডে ৮ মাইল বেগে স্রবণ করে।

বৃহস্পতি গ্রহের ১২টি উপগ্রহ আছে। ইহাদের বৃহত্তম দুইটি উপগ্রহ ৩০০০ মাইল ব্যাস বিশিষ্ট এবং দুইটি উপগ্রহ আমাদের চক্ষের আকারের।

এই গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ প্ৰায় ৩১৮টি পৃথিবীৰ সমান এবং সূৰ্যৰ প্ৰায় এক-সহস্ৰাংশ। সৌৰজগতেৰ অন্ত্যন্ত বাবতীৰ গ্ৰহ-উপগ্ৰহ একত্ৰ কৰিলে যে বস্তুৰ সমাবেশ ঘটবে, বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ তদপেক্ষা অধিক। ইহাৰ ব্যাস ৮৮০০০ মাইল অৰ্থাৎ প্ৰায় ১১টি পৃথিবীৰ আৰতনেৰ সমান। যে পদাৰ্থেৰ ভূ-গুঠে ওজন ১ পাউণ্ডেৰ ওজনেৰ সমান, বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ উপবিভাগে সেই পদাৰ্থেৰ ওজন প্ৰায় ৩ পাউণ্ডেৰ ওজনেৰ সমান হইবে। এই গ্ৰহেৰ উপবিভাগ হইতে কোন লোষ্ট্ৰকে গ্ৰহচ্যুত কৰিতে হইলে প্ৰতি সেকেণ্ডে ৩৭ মাইলেৰ অধিক বেগে নিক্ষেপ কৰিতে হইবে।

বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ উপবিভাগেৰ তাপমাত্ৰাৰ গড় প্ৰায় ১৩০°K বা ২২০°F । এই গ্ৰহেৰ বায়ুমণ্ডলে, হাল্কা গ্যাস হাইড্ৰোজেন, হিলিয়াম প্ৰচুব পৰিমাণে বিস্তৃত। ইহাৰ কাৰণ এই যে, গ্ৰহচ্যুত হওঁৰাৰ জন্ত (escape velocity) গতিবেগ অত্যধিক। Spectroscope-এৰ সাহায্যে প্ৰতিফলিত সূৰ্য-বস্তু বিল্লেখ কৰিয়া দেখা গিৰাছে যে, গ্ৰহেৰ বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্ৰচুব পৰিমাণে বৰ্তমান আছে।

১৯৫০ সালে লক্ষ্য কৰা হইবাছিল যে বৃহস্পতি গ্ৰহকে বেটন কৰিয়া গতিশীল অসংখ্য অণু-পৰমাণু বৈদ্যুতিক শক্তিসম্পন্ন অবস্থায় বিস্তৃত আছে। এই বৈদ্যুতিক অণু পৰমাণুৰ ভবকে "Van-Allen" ভব বলে।

১০ ৬ শনিগ্ৰহ (Saturn)

সৌৰজগতেৰ দ্বিতীয় বৃহত্তম গ্ৰহ, শনি গ্ৰহ। অঙ্গুৰীৰ বেষ্টিত গ্ৰহটি টেলিস্কোপে দেখিতে স্পষ্ট দেখায। এই গ্ৰহ সূৰ্য হইতে ৮৪ কোটি হইতে ৯৪ কোটি মাইল দূৰে। ইহাৰ কক্ষপথ বিষুবতলেৰ সহিত $২\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্ৰতি সেকেণ্ডে ৬ মাইল বেগে চলিবা সূৰ্যকে প্ৰদক্ষিণ কৰিতে এই গ্ৰহেৰ প্ৰায় ৩০ বৎসৰ সময় অতিবাহিত হয়।

শনি গ্ৰহেৰ ৯টি উপগ্ৰহ আছে এবং কতকগুলি ছোট টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে সহজেই দেখা যায়। সবচেয়ে বড়টি টাইটান (Titan) চন্দ্ৰেৰ চেৰেও বৃহত্তম। টাইটানে বায়ুমণ্ডল আছে বলিৰা জানা গিৰাছে।

বিষুবতল বরাবর শনি গ্রহকে আবেষ্টন করিরা মেঘের গুচ্ছ একটি অঙ্গুরী (ring) দেখা যায়। প্রকৃত পক্ষে তিনটি অঙ্গুরী (এককেন্দ্রিক) দেখিতে পাওয়া যায়। বহিঃস্থ অঙ্গুরীর ব্যাস প্রায় ১৭০,০০০ মাইল। অন্তঃস্থ অঙ্গুরীর ব্যাস প্রায় ৮৮,০০০ মাইল। শনি গ্রহের উপরিভাগ হইতে নিকটবর্তী অঙ্গুরীর পবিত্রীমাণ দৃশ্য প্রায় ৭০০০ মাইল। অঙ্গুরীগুলি কঠিন বস্তু নহে। কারণ ইহাদের মধ্যদিয়া দ্রবতরল নকর দেখা যায় এবং অঙ্গুরীর আভ্যন্তরীণ অংশ বহিঃস্থ অংশের চেয়ে অপেক্ষাকৃত ঘোঁষে গ্রহের চাষিদিকে আবর্তন করে। অঙ্গুরীগুলিকে শনি গ্রহের বিষুবতলের বরাবর দেখা যায়। এই তলটি ধীর কক্ষপথের সহিত ২৮° কোণে অবস্থিত। অঙ্গুরীগুলি প্রকৃতপক্ষে ক্ষুদ্র গ্ৰহ অনাংখ্য কঠিন শীলা (solid stones) দ্বারা প্রস্তুত। শনি গ্রহে বস্তুর পরিমাণ ১০-১০ ক্রি পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণের সমান। এই গ্রহের ব্যাস প্রায় ৭০,০০০ মাইলের কিছু বেশী এবং ইহার বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব মাত্র ০.৭ (পানির চেয়ে হাল্কা)। গ্রহের উপরিভাগ হইতে কোন বস্তুকে প্রতি সেকেন্ডে ২২ মাইল বেগে ছুঁড়িতে পারিলে তাহা গ্রহচ্যুত হইবা মহাশূণ্ডে বিলীন হইবে। আপন মেঘদগের চাষিদিকে আবর্তন কবিত্তে গ্রহটির ১০ $\frac{১}{২}$ ঘণ্টা সময়ের প্রয়োজন হব।

শনি গ্রহের উপরিভাগের তাপের পরিমাণ প্রায় $১২০^\circ K$ হইতে $১০০^\circ K$ ($-২০০^\circ F$)। এ পর্যন্ত জানা গিবাছে যে, গ্রহটির বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্রচুররিত পাণে আছে। গ্রহচ্যুত হইবার গতিবেগ সেকেন্ডে ২২ মাইল হওবার আমবা অনুমান করিতে পারি যে, ইহার বায়ুমণ্ডল যে-কোন হাল্কা গ্যাসকে ধারণ কবিত্তে সক্ষম।

১০.৭. ইউরেনাস (Uranus)

১৭৮১ খ্রিস্টাব্দে William Herschel নামক জনৈক বৈজ্ঞানিক সর্বপ্রথম এই গ্রহ আবিষ্কার করেন। এই গ্রহটির কক্ষতল পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত সামান্ত (৪ $\frac{১}{২}$ মিনি) কোণে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহার দূরত্বের গড় ১৭৮০,০০০,০০০ মাইল। ইহার কক্ষপথে গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে ৬ মাইল এবং আবর্তন কাল ৮৪ বৎসর।

ইউবেনাস গ্রহেব ৫টি উপগ্রহ আছে। উপগ্রহগুলিব-দূৰত্ব ইউবেনাসেব কেন্দ্ৰ হইতে ৮০,০০০ হইতে ৩৫০,০০০ মাইলেব মধ্যে সীমাবদ্ধ।

ইউবেনাস গ্রহ প্রায় ১৫টি পৃথিবীব ওজনেব সমান এবং ইহাব ব্যাস প্রায় ৩০,০০০ মাইল। গ্রহেব বস্তব আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায় ১.৫। এই গ্রহেব বায়ুমণ্ডলে Hydrogen এবং Methane গ্যাসেব অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে। এই গ্রহেব উপবিভাগেব তাপমাত্রাব পৰিমাণ -৩০০°F । গ্রহটিব আপন মেকদণ্ডেব চাৰিপাৰ্শ্বে আবৰ্তন কৰিতে প্রায় ১১ ঘণ্টা সময় অতিবাহিত হয়।

১. ৮. নেপচুন (Neptune)

১৮৪০ খ্রীষ্টাব্দ হইতে ১৮৪৬ খ্রীষ্টাব্দ—এই সময়েব মধ্যে ইউৰোপীয জ্যোতিৰিদেবা Newton-এব Gravitation theory (মাধ্যাকৰ্ষণ থিওরী)-এব সাহায্যে ইউবেনাসেব গতিপথ গণিতেব সাহায্যে নির্ণয় কৰিবাব প্রয়াস পান। ইউবেনাসেব গতিপথে যে ‘ভ্রম’ (irregularity) পাচোঁ বাৰ তাহাব কাৰণ অনুসন্ধান কৰিবাব মানসে এই বৈজ্ঞানিকগণ অল্প কামনিক নিকটবৰ্তী কোন গ্রহেব প্রভাব আছে কিনা, তাহা লইয়া গণনা শূন্য কৰেন। এইরূপে তাঁহাবা প্রমাণ কৰিলেন যে ইউবেনাস গ্রহেব গতিবিধিতে যে ভ্রম পৰিলক্ষিত হয় তাহা অল্প একটি নিকটবৰ্তী গ্রহেব প্রভাবে (perturbation) হওয়া সম্ভব। অবশেষে টেলিস্কোপেব সাহায্যে ১৮৪৬ সালেব সেপ্টেম্বৰ মাসে এই “নেপচুন গ্রহ” (Neptune) আবিষ্কার কৰেন।

নেপচুন গ্রহ সূৰ্য হইতে ২৮০,০০,০০,০০০ (২৮০ কোটি) মাইল দূৰে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্রতি সেকেন্ডে ৩৫ মাইল বেগে ভ্রমণ কৰিষা সূৰ্যকে আবেষ্টন কৰিষা আসিতে এই গ্রহেব প্রায় ১৬৫ বৎসৰ সময় অতিবাহিত হয়।

নেপচুনেব দুইটি উপগ্রহ আছে। বৃহত্তৰটিব নাম Triton ইহা আমাদেব চন্দ্ৰ অপেক্ষা বৃহত্তৰ। নেপচুনেব কেন্দ্ৰ হইতে Triton-এব দূৰত্ব ২২০,০০০ মাইল এবং ইহাব গতি বিপরীত দিকে পূৰ্ব হইতে পশ্চিম দিকে।

নেপচুনের বহর পরিমাণ ১৭টি পৃথিবীর বহর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ২৮০০০ মাইল। ইহার বহর অ্যাপেলিক গুরুত্ব ২। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল আছে। ইহার উপবিভাগের তাপের পরিমাণ -৩৬০°F ।

১০.৯. প্লুটো (Pluto)

১৯৩০ খ্রিস্টাব্দে এই গ্রহটি প্রথম আবিষ্কৃত হয়। সূর্য হইতে এই গ্রহটির দূরত্ব, সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বের প্রায় ৪০ গুণ বা প্রায় ৩,৬৭৬,০০০,০৭০ মাইল। কক্ষপথে প্রায় ৩ মাইল বেগে চলিয়া প্রায় ২৬০ বৎসরে ইহা সূর্যের চারিদিকে একবার প্রদক্ষিণ করে। ইহার বহর পরিমাণ প্রায় পৃথিবীর বহর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ৩৬০০ মাইল। এই গ্রহের উপবিভাগের তাপ -৩৬০°F । ইহার বায়ুমণ্ডলে Hydrogen, Helium এবং Neon গ্যাসের অস্তিত্ব পাওয়া যায়।

প্লুটোর পরে সৌরজগতকে অন্ধকাবাচ্ছন্ন শূণ্যস্থান বলিয়া মনে হয়। সূর্য হইতে ২৭০ AU দূরত্বের মধ্যে আর কোন গ্রহকে এ পর্যন্ত শূন্যস্থান পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

পৃথিবী ছাড়া অন্য গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা তাহা বৈজ্ঞানিকেরা জানেন না।

১০.১০ সৌরজগতের ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি (Asteroids)

পূর্ববর্ণিত গৃহণ আকারের গ্রহগুলি ছাড়াও সৌরজগতে আরও সহস্রাবিক গ্রহের অস্তিত্ব টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে। ইহাদের কক্ষপথগুলি মঙ্গল গ্রহ এবং জুপিটারের কক্ষপথের মাঝামাঝি অবস্থায় বিস্তৃত। এই গ্রহগুলির সূর্য হইতে দূরত্ব Bode's আইন পালন করে।

বোডের সূত্র : বৈজ্ঞানিক মতে Bode's আইন প্রকৃতপক্ষে একটি আইন নহে। বাহ্যিক এই আইনের সাহায্যে সূর্য হইতে পন পন দূরবর্তী গ্রহসমূহের দূরত্ব মনে রাখা সহজ হয়। ১৭৬৩ খ্রিস্টাব্দে Bode

নামক একজন জার্মান জ্যোতিষবিদ এই নিয়মটি প্রবর্তন করেন। পৰ পৰ ০, ৩, ৬, ১২, সংখ্যাগুলি এমনভাবে লেখা হইল যেন প্রথম দুইটি বাদ দিয়া পৰ পৰ সংখ্যাগুলির প্রত্যেকটি পূৰ্ব সংখ্যাটির দুই গুণ হয়। এখন এই সংখ্যা-সাধি (sequence) প্রত্যেকটি সংখ্যাব সহিত ৪ যোগ কৰিয়া ১০ দ্বাৰা ভাগ কৰিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় সেই সংখ্যা গ্রহ বিশেষের দূৰত্ব প্রকাশ করে (অবশ্য এই দূৰত্ব A U. এর এককে প্রকাশিত হইবে)। এইরূপে ১৭৬৬ খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত যে সমস্ত গ্রহের অস্তিত্ব জানা গিয়াছিল তাহাদের দূৰত্বের সহিত মিলাইয়া Bode-এর নিয়মটির সত্যতা পরীক্ষা করা হইয়াছিল। এই নিয়মটি কোন প্রমাণের উপর প্রতিষ্ঠিত নহে বা ইহার সত্যতা কোন বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর দণ্ডাৰমান নহে বলিয়া আমরা ইহাকে আইন বলিয়া মানিয়া লইতে পারি না। নিম্নের তালিকা Bode-এর নিয়মানুসারে প্রস্তুত করা হইয়াছে।

সংখ্যা	গ্রহ	দূৰ্ব হইতে একত দূৰত্ব (A U)
$(0+8) \div 10 = 8$	বুধ (Mercury)	০.৩৮৭
$(3+8) \div 10 = ১১$	শুক্র (Venus)	০.৭২৩
$(6+8) \div 10 = ১৪$	পৃথিবী (Earth)	১.০০০
$(12+8) \div 10 = ২০$	মঙ্গল (Mars)	১.৫২৪
$(28+8) \div 10 = ৩৬$	×	×
$(88+8) \div 10 = ৯৬$	বৃহস্পতি (Jupiter)	৫.২০৩
$(1৩৬+8) \div 10 = ১৪৪$	শনি (Saturn)	৯.৫৩৯
$(1৯২+8) \div 10 = ১৯৬$	ইউরেনাস (Uranus)	১৯.১৯১
$(৩৮৪+8) \div 10 = ৩৯২$	নেপচুন (Neptune)	৩০.০৭১
$(৭৬৮+8) \div 10 = ৭৭৬$	প্লুটো (Pluto)	৩৯.৫১৮

যখন ১৭৮১ খ্রিস্টাব্দে ইউরেনাস আবিষ্কৃত হয় তখন দেখা যায় যে ইহার দূৰত্ব Bode-এর আইনের সহিত সঙ্গত হয়। কিন্তু নেপচুন এবং প্লুটোকে ক্ষেত্রে আইনটি সম্পূর্ণরূপে ব্যর্থ হইয়াছে। কৃত্রিমকৃতি গ্রহগুলি

বখন আবিষ্কৃত হ'ব তখন আবার দেখা গেল যে, গ্রহগুলির দূরত্ব মোটা-মুটোভাবে পূর্ব-পৃষ্ঠাব তালিকাব শূন্যস্থান পূরণ করিতে সমর্থ হইয়াছে। এইরূপে Ceres নামক ক্ষুদ্র গ্রহেব দূরত্ব প্রায় ২৭৬৭ A U। পব-বর্তীকালে Bode এব আইনকে ভিত্তি কবিয়া সৌরজগতেব স্ফট সহস্বে অনেক গবেষণার অবকাশ ঘটিয়াছিল। অধুনাকালেও প্রকৃতপক্ষে গ্রহ-যোগ্য কোন তত্ত্বেব উদ্ভব সম্ভব হ'ব নাই।

১০১১. ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহের আবিষ্কারের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

Sicily দ্বীপেব Piazzi নামক জনৈক জ্যোতির্বিদ সর্বপ্রথম ১৮০১ খ্রীষ্টাব্দে নূতন এক “তাবকাব” দিকে চুটি নিক্ষেপ কবেন। তিনি পব কথেক বাজি ধবিয়া লক্ষ্য কবিয়া আবিষ্কার কবেন যে, নূতন তাবকাটি অল্প তাবকাব ভুলনাব পূর্বদিকে হইতে পশ্চিমদিকে ক্রমশঃ স্থান পবি-বর্তন কবিতোছে। ইঠাং অল্প হইয়া গড়াব Piazzi “তাবকাটিব” গতিপথেব প্রতি বেনী দিন চুটি বাখিতে পাবেন নাই। বাহা হউক এই সময়ে C. F. Gauss গণিতশাস্ত্রেব জ্ঞান হইতে Piazzi কহুক আবিষ্কৃত জ্যোতির্কেব গতিপথ নির্ণয় কবিতো সক্ষম হন। তাঁহাব গণনাব উপর নির্ভর কবিয়া Van Zach নামক পণ্ডিত এই জ্যোতিক বে একটি গ্রহ তাহা দিব কবিতো সমর্থ হন। Sicily দ্বীপেব দেবী (goddess) Ceres-এব নামানুসাবে এই গ্রহেব নামকরণ Ceres হ'ব। ইহাব দূরত্ব Bode-এব নিয়মানুযায়ী প্রায় ২৮ A U।

Ceres আবিষ্কারেব পব বৎসব Pallas নামক বিত্তীয় ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হ'ব। এই সময়ে হইতেই জ্যোতির্বিদগণ আবও অনূকপ ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কার কবিবাব উৎসাহ পান। এইরূপে অল্পকাল মধ্যেই (১৮৯১) প্রায় ৩২০টি ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হ'ব। আজকাল কটোগ্রাফেব সহাবতাব প্রতি বৎসব নূতন নূতন গ্রহেব সন্ধান পাওয়া বাব।

এই সমস্ত ‘Asteroid’ বা ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলিব কক্ষপথসমূহ প্রধান গ্রহগুলিব কক্ষপথেব মত নহে। আমবা লক্ষ্য কবিবাহি বে, প্রধান গ্রহ-গুলিব কক্ষপথ পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ (এক্লিপটিক) সহিত প্রায় একই সম-তলে অবস্থিত। Asteroid-এব ক্ষেত্রে এই নিয়মেব ব্যতিক্রম দেখা

৩। বুধ গ্রহের সহিত চন্দ্রের তুলনামূলক আলোচনা করুন। শুক্ত গ্রহে কেন জীবের অস্তিত্ব সম্ভব নহে তাহার কয়েকটি কাবণ বিশ্লেষণ করুন।

৪। মঙ্গল গ্রহের উপর জীবের অস্তিত্বের পক্ষে কি কি কাবণ বর্তমান তাহা বর্ণনা করুন।

৫। প্রতি ৮ বৎসর পর পর শুক্ত গ্রহের অবস্থান এবং প্রকৃতি (পৃথিবী থেকে লক্ষ্য করিলে) পুনরাবৃত্তি ঘটয়া থাকে। ইহাৰ কাবণ বর্ণনা করুন।

৬। সূর্য হইতে একটি গ্রহের ক্ষুদ্রতম দূরত্ব (perihelion) $a(1-e)$ এবং বৃহত্তম দূরত্ব $a(1+e)$ । যদি a , গড়ে দূরত্ব এবং e , কক্ষপথের eccentricity (চ্যাপ্টার পরিমাণ) হয়, তাহা হইলে মঙ্গল গ্রহের ($a=1.5$ A. U, $e=0.093$) সূর্য হইতে বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম দূরত্বের প্রভেদ কত?

৭। জুপিটারের বস্তুর পরিমাণ এবং ইহাৰ ব্যাস পৃথিবীর বহু এবং ব্যাসের চেয়ে বহুদূর ৩১৮ এবং ১১ গুণ বড় হইলে পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণের সহিত জুপিটারের মাধ্যাকর্ষণের তুলনা করুন।

সৌরজগতের অন্যান্য জ্যোতিষ্ক—ধূমকেতু, উল্কা এবং উল্কাশ্রোত ও সৌরজগতের সৃষ্টি তত্ত্ব

আমরা এই অধ্যায়ে ধূমকেতু, উল্কাপাত সম্বন্ধে সংক্ষিপ্তভাবে আলোচনা করিব। এই সঙ্গে সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকদের মতামতের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিব।

১১.১. ধূমকেতু (Comets)

আকাশে আমরা খালি চোখে কখনও কখনও ধূমকেতু দেখিয়া থাকি। একটি মাধান পিছনে প্রকাণ্ড একটি লেজ দেখিয়া ধূমকেতুকে সহজেই চিনিতে পাওয়া যায়। অধিকাংশ ধূমকেতু আমরা চোখে দেখিতে পাই না। সৌখীন জ্যোতির্বিদেবা ছোট ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে সন্ধ্যা পশ্চিম আকাশে এবং ভোর বাত্রে পূর্বাকাশে নূতন বা পুরাতন ধূমকেতু সন্ধান করিতে পারেন। প্রতি বৎসর গড়ে ৫ কিংবা ৬টি কবিতা ধূমকেতু সন্ধান পাওয়া যায়।

১১.২. ধূমকেতুর কক্ষপথ

প্রত্যেকটি ধূমকেতু আপন কক্ষপথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া থাকে। ধূমকেতুগুলিকে কক্ষপথের বিচারে মোটামুটি দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। প্রথমতঃ দেখা যায় যে কতকগুলি ধূমকেতু প্রায় প্যারাবোলা (অপর্যাবাক্য, parabolic) পথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। "প্রায় প্যারাবোলা" বলার কাণ্ড হইল যে কক্ষপথগুলি প্রকৃত প্যারাবোলা হইলে জ্যোতিষ্ক সৌরজগৎ ত্যাগ করিয়া চলিয়া যাইবে। প্রকৃত পক্ষে এই সমস্ত কক্ষপথে বিচরণকারী ধূমকেতু বহু শত বৎসরে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। এমন অনেক ধূমকেতু আছে যাহাদিগকে একাধিকবার দেখা যায় নাই। ইহা ছাড়া এই সমস্ত ধূমকেতুর কক্ষপথগুলি পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত অনেকটা হেলিয়া (highly inclined to ecliptic) থাকে।

দ্বিতীয় প্রকার ধূমকেতুগুলির কক্ষপথ উপবৃত্তাকার এবং ইহাদের পবিত্রমণ কাল প্রায়ই ১০০ বৎসরের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহা বা সৌর-জগতেব অন্যান্য জ্যোতিষ্কগুলির মতই বিচরণ কবিয়া থাকে। প্রথমোক্ত ধূমকেতুগুলিকে non-periodic ধূমকেতু এবং শেষোক্ত ধূমকেতুগুলিকে periodic ধূমকেতু বলে। আমরা এখানে S B. Nicholson কর্তৃক ১৯৫৭ খ্রীষ্টাব্দে প্রস্তুত তালিকা উদ্ধৃত করিলাম। এই তালিকাষ এই শতাব্দীতে দৃষ্ট কতকগুলি ধূমকেতুর বর্ণনা দেওয়া হইল।

১নং টেবিল

Non-periodic Comets

নাম	বৎসর এবং দেখা গিয়াছে	বর্ষের নিকটতম অবস্থান (Perihelion)	বর্ষ হইতে নিকটতম দূরত্ব A U	কক্ষপথের নতি
Skjellerup	১৯২৭	১৯২৭ ডিসেম্বর	০'১৮	৮৫°
Ryves	১৯৩১	১৯৩১ আগস্ট	০'০৬	১৬৭°
Peltier	১৯৩৬	১৯৩৬ জুলাই	১'১০	৭৯°
Friusler	১৯৩৭	১৯৩৭ আগস্ট	০'৮৬	১৪৬°
Cunningham	১৯৪০	১৯৪১ জানুয়ারী	০'৩৭	৫২°
Paraskevopoulos	১৯৪১	১৯৪১ জানুয়ারী	০'৭৯	১৬৮°
Whipple	১৯৪২	১৯৪৩ ফেব্রুয়ারী	১'৩৬	২০°
Bester (১)	১৯৪৭	১৯৪৮ ফেব্রুয়ারী	০'৭৫	১৪০°
Bester (২)	১৯৪৭	১৯৪৭ ডিসেম্বর	০'১১	১৩৮°
Honda-				
Bernoscorie (১)	১৯৪৮	১৯৪৮ মে	০'২১	২৩°
" (২)	১৯৪৮	১৯৪৮ অক্টোবর	০'১৪	২৩°
Wilson-Harring-				
ton	১৯৫১	১৯৫২ জানুয়ারী	০'৭৯	১৫০°
Mrkos (১)	১৯৫৫	১৯৫৫ জুন	০'৫৪	৮৭°
Arend-Roland	১৯৫৬	১৯৫৭ এপ্রিল	০'৩২	১২০°
Mrkos (২)	১৯৫৭	১৯৫৭ আগস্ট	০'৩৫	৯৪°

২য় টেবিল

Periodic Comets

ধূমকেতুর নাম	বে বৎসর প্রথম দেখা গিয়াছিল	বে বৎসর (শেষবার) দেখা গিয়াছে	আবর্তন কাল (Period) (বৎসর)	সূর্য হইতে নিকটতম দূরত্ব (A. U)
Encke	১৭৮৬	১৯৫৭	৩'৩০	০'৩৪
Pons Brooks	১৮১২	১৯৫৩	৭০ ৮৮	০'৭৭
Crommelin	১৮১৮	১৯৫৬	২৭ ৮৭	০ ৭৪
Pons-Winnecke	১৮১৯	১৯ ৫১	৬'২৬	১ ২০
Faye	১৮৪৩	১৯৫৪	৭ ৪১	১'৬৫
d'Arrest	১৮৫১	১৯৫০	৬ ৬৯	১ ১৮
Temple 2	১৮৭০	১৯৫৬	৫'৩১	১'২৪
Giacobini-Zinner	১৯০০	(১৯৫১)	৬ ৫৯	১ ০০
Grigg-Skjellerup	১৯০২	১৯৫৬	৪ ৯০	০ ৮৬
Daniel	১৯০৯	১৯৫০	৬ ৬৬	১ ৪৬
Schaumasse	১৯১১	১৯৫১	৮ ১৭	১ ২০
Neujmin	১৯১৩	১৯৪৮	১৭ ৯০	১ ৫৪
Schwassmann	১৯২৭	—	১৬ ১৫	৫'৫২
Wachmann				
Oterma	১৯৪৩	—	৭'৯৫	৩ ৪১

প্রথম টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলির প্রায় অর্ধেক সংখ্যক ধূমকেতুব
কক্ষপথের নতি ৯০° অপেক্ষা কম হওয়াব ফলে ইহাদিগকে সূর্যের
চাষদিকে গৃহবীর অনুসরণ পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে আবর্তন কবিত্তে
দেখা যায়। পক্ষান্তরে ৯০° অপেক্ষা অধিক নতি-সম্পন্ন ধূমকেতুগুলিকে
বিপরীত দিকে আবর্তন কবিত্তে দেখা যায়।

দ্বিতীয় টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলির আবর্তন কাল অপেক্ষাকৃত
কম। এই টেবিলের শেষোক্ত ধূমকেতু দুইটি এখন সূর্যের নিকটতম

দূৰত্বে আসে তখন পৃথিবীৰ বিপৰীতমুখী (opposition) প্ৰতি অবস্থানেই ইহাকে দেখা যাব। Schwassmann-Wachmann ধুমকেতুটোৰ কক্ষপথ বৃহস্পতি (Jupiter) ও শনি (Saturn) গ্ৰহেৰ কক্ষপথেৰ মধ্যবৰ্তী।

১১.৩. বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ ধুমকেতুগুলি

প্ৰায় বিশটি ধুমকেতুৰ কক্ষপথ এমন যে তাহাবা স্বীয় কক্ষপথে আবৰ্তন কালে বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ অতি নিকটে আসিবা পড়ে এবং গ্ৰহেৰ মাধ্যাকৰ্ষণ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত হয়। ইহাৰ ফলে ধুমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান পৰিৱৰ্তিত হইবা পড়ে। এই সমস্ত ধুমকেতুৰ আবৰ্তন কাল সাধাৰণতঃ ৫ হইতে ৯ বৎসৰেৰ মध्ये। ইহাদিগকে “বৃহস্পতি-ধুমকেতু” বলে।

১১.৪. হ্যালিৰ ধুমকেতু (Halley's Comet)

এই বিখ্যাত ধুমকেতুটোকে Edmund Halley নামক জ্যোতিৰবিদেৰ নামানুসাৰে নামকৰণ কৰা হইবাছে। Halley সৰ্বপ্ৰথম এই ধুমকেতুৰ প্ৰত্যাৱৰ্তন সহজে ভৱিষ্যদ্বাণী কৰেন। তিনি ১৬৮২ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ ধুমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান গণনা কৰেন এবং এই গণনাৰ সহিত ১৫৩১ এবং ১৬০৭ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ ধুমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান মিলাইবা সিদ্ধান্ত কৰেন যে এই তিনিটি কক্ষপথ একই ধুমকেতুৰ কক্ষপথ এবং সেই সন্মত ইহাৰ ১৭৬৮ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ প্ৰত্যাৱৰ্তন সহজে ভৱিষ্যদ্বাণী কৰেন। প্ৰকৃতপক্ষে ধুমকেতুটি ঐ সময়ে দেখা গিবাছিল। ইহাকে পুনৰাব ১৮০৫ এবং ১৯১০ খ্ৰীষ্টাব্দে দেখা গিবাছিল। ইহাকে পুনৰাব ১৯৮৫ খ্ৰীষ্টাব্দে জৰ্বোদয়েৰ পূৰ্বে দেখা যাইবে। ইহাৰ আবৰ্তন কাল প্ৰায় ৭৭ বৎসৰ। গ্ৰহগুলিৰ মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভাৱে ইহাৰ আবৰ্তন কালে কিছুটা ব্যতিক্ৰম দেখা যাব।

১১.৫. ধুমকেতুৰ প্ৰকৃতি (Its nature)

ধুমকেতুৰ যে অংশ সৰ্বাধিক ভাবী (head) সেই অংশ Methane, ammonia এবং water দ্বাৰা তৈৰী। এই গ্যাসগুলি জমানো অবস্থায়

থাকে। ইহা ছাড়া ধাতব পদাৰ্থেৰ খুলি ইহাৰ মাথাত মেখেৰ আকাৰে বিৰাজ কৰিতেছে। যখন ধুমকেতু সূৰ্যেৰ নিকটতম দূৰত্বে (perihelion) আসে তখন ইহাৰ জমাট বাঁধা পদাৰ্থগুলি বাষ্পীভূত হইবা ধুমকেতুৰ লেজেৰ (tail) দিকে ছড়াইবা পড়ে।

১১৬ উদ্ধাপাত এবং উদ্ধাশ্রোত (Meteors & Meteor Streams)

আকাশে সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে আবৰ্তনবত ছোট বড় শিলা বা পাথৰ (Stone) বা শিলাকণাকে উদ্ধা (Meteor) নাম দেওবা হইবাছে। সৌৰজগতে অবিৰত সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে আবৰ্তন কৰিবাব সময় ইহাবা যখন পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডলেৰ সংস্পৰ্শে আসে তখন বায়ুমণ্ডলেৰ সহিত সংঘৰ্ষে ভস্মীভূত হইবা গ্যাসে পৰিণত হয়। ফলে আমবা আকাশে উদ্ধাপাত দেখিবা থাকি। কোনও কোনও সময় কোন ধুমকেতু হইতে উৎপন্ন উদ্ধাশ্রোত পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডলেৰ সংস্পৰ্শে আসিবা পড়ে। উদ্ধা শ্রোতেৰ শিলাকণাগুলিৰ কতকাংশ গ্যাসে পৰিণত না হইবা সোজা-জুজি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইবা পৃথিবীৰ ওজন (mass) বৃদ্ধি কৰে। জনৈক বৈজ্ঞানিকেৰ গণনানুযায়ী দেখা যায়, এইৰূপে প্ৰতি দিবাৰাতিতে উদ্ধাপাতেৰ ফলে পৃথিবীৰ বস্তৰ পৰিমাণ প্ৰায় ২০ টন বৃদ্ধি পাইতেছে। যে-কোন স্থানে ব্যতিকালে পৃথিবীৰ আবৰ্তনেৰ দিক উদ্ধাগুলিৰ গতি অনুসৰণ কৰে বলিবা উদ্ধাপাতেৰ পৰিমাণ কম এবং দিনেৰ বেলাৰ পৃথিবীৰ আবৰ্তনেৰ দিক উদ্ধাৰ গতিৰ বিপৰীত দিকে হওবাব ক্ষণ উদ্ধাৱষ্টি দিনেৰ বেলাৰ বেশী হয়। কিন্তু সূৰ্যেৰ আলোৰ জগ্ন আমবা এই উদ্ধাৱষ্টি দেখিতে পাই না। ক্ৰতগামী উদ্ধাপাত সাধাৰণতঃ আকাশে ৮০ মাইল হইতে ৬০ মাইল উৰে' ঘটিবা থাকে এবং অপেক্ষাকৃত দীৰ্ঘগামী উদ্ধাপাত ৬০ হইতে ২৫ মাইল উৰে' ঘটে।

বায়ুমণ্ডলে প্ৰবেশ কৰিবাব সময় কোন উদ্ধাৰ গতিবেগ জানা সম্ভব হইলে, ইহাৰ কৰুণখ নিৰ্ণয় কৰা যায়। যদি ইহাৰ গতিবেগ প্ৰতি সেকেণ্ডে ২৬ মাইলেৰ অধিক হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে উদ্ধাট সৌৰজগতেৰ অন্তৰ্ভুক্ত নহে। যে উদ্ধাৰ গতিবেগ ২৬ মাইলেৰ কম তাহাবা সৌৰজগতে অধিবাসী।

১১.৭. উদ্ভাপিণ্ড (Meteorite)

উদ্ভাপিণ্ড একটা বড় আকালের পাথর (Stone)। ইহা ধাতব পদার্থ (লৌহ) দ্বারা তৈরী। উদ্ভাপাতের অবশিষ্ট হিসাবে ইহা ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং অভ্যন্তরে প্রস্ফুট হইয়া পড়ে। প্রায় ১৬০০ খ্রীস্টাব্দ হইতে পৃথিবীর বিভিন্ন অংশে যে উদ্ভাপিণ্ড পতিত হইয়াছে তাহার ক্যাটালগ (Catalogue) প্রস্তুত করা হইয়াছে। আমেরিকান অরগন (Oregon), আরিজোনা (Arizona) অঞ্চলে পতিত উদ্ভাপিণ্ডগুলি আমেরিকার বাদুঘরসমূহে বক্ষিত আছে।

উদ্ভাপিণ্ডগুলি দেখিতে সাধারণ বৃহদাকাবের পাথরের দ্যায়। ইহা-দেব উপবিভাগ গ্রহণ পাঠলা কৃষ্ণ আবরণে আচ্ছাদিত। বায়ুমণ্ডলের মধ্যে গতিশীল থাকিবাব কালে ইহাব আকায় প্রকৃত কণ গ্রহণ করে। উত্তপ্ত গ্যাসের সংমিশ্রণে ইহাব উপবিভাগ গলিয়া গ্রহণ হয়। সাধারণতঃ উদ্ভাপিণ্ডের অভ্যন্তরভাগ অসংখ্য ছিদ্রবৃত্ত। ধাতব পদার্থের মিশ্রণে ইহাবা তৈরী। ইহাদের ওজন প্রায় ১ টনের অধিক হইয়া থাকে। নিকেল এবং লৌহই উদ্ভাপিণ্ডের প্রধান উপাদান। দক্ষিণ-পশ্চিম আফ্রিকার “হোবা” (Hoba) উদ্ভাপিণ্ডের উপবিভাগ ৯×১০ ফুট এবং প্রায় ৩ ফুট উচ্চ। আমেরিকার Willamette উদ্ভাপিণ্ডের ওজন প্রায় ১৫ টন। ইহা ১৯০২ খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত হইয়াছিল। ১৯০৮ খ্রীস্টাব্দে ৩০ জুন তারিখে সাইবেরিয়াতে জঙ্গল এলাকার দিনের বেলায় বিশাল এক উদ্ভাপিণ্ডের পতন হয়। ইহার পতনের সময় যে অগ্নিপিণ্ড হুট্টা হয় তাহা শত শত মাইল দূরে দেখা গিয়াছিল। প্রায় ৩০ হইতে ৩০ মাইল পৰ্ব্বত গাছ-পালা ধ্বংস হইয়া গিয়াছিল।

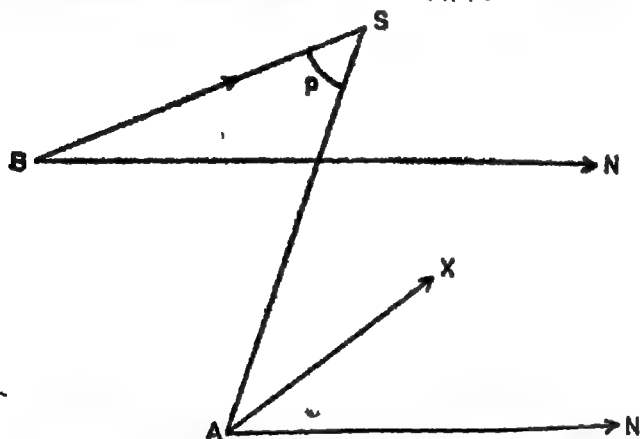
১১.৮. সৌরজগতের সৃষ্টিতত্ত্ব

১৭৯৬ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী দেশীয় পণ্ডিত ল্যাপ্লাস (Laplace) সর্বপ্রথম সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে “নেবুলা” তত্ত্বের উদ্ভাবন করেন। এই তত্ত্ব অনুযায়ী সূর্যের চারিপাশে আবর্তনবত এক বিশাল গ্যাসের কুণ্ডলী হইতে সর্বপ্রথম গ্রহ-উপগ্রহ ইত্যাদির সৃষ্টি হয়। এই কুণ্ডলী

দ্বাদশ অধ্যায়
কৌণিক ভ্রান্তি
(PARALLAX ERROR)

22.2.

মনে করুন ভূ-পৃষ্ঠের দুইটি স্থান A এবং B হইতে কোন নির্দিষ্ট দিকের সহিত একটি জ্যোতিষের কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করা হইল। মনে করুন S দ্বারা জ্যোতিকের অবস্থান, AN দ্বারা নির্দিষ্ট দিককে বুঝান হইল। A-বিন্দুতে S, AN-এর সহিত $\angle SAN$ কোণ উৎপন্ন করিল। সেইরূপ B বিন্দুতে S, AN-এর সমান্তরাল BN-এর সহিত $\angle SBN$ কোণ উৎপন্ন করিল। দেখা যায় যে এই কোণ দুইটি সমান না হইয়া উহাদের প্রভেদ $\angle BSA = P$ -এর সমান।



এই প্রভেদকে জ্যোতিষ্কের দুই স্থানের কৌণিক দ্রাষ্টি বলে। এই দুইটি স্থানের একটি যদি ভূ-পৃষ্ঠে এবং আর একটি যদি ভূ-কেন্দ্রে গ্রহণ করা হয় তাহা হইলে AN-কে পৃথিবীর ব্যাসার্ধের সমান লইয়া আমরা যে কৌণিক দ্রাষ্টি পাইব তাহাকে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টি (geocentric parallax) বা শুধু ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি বলে।

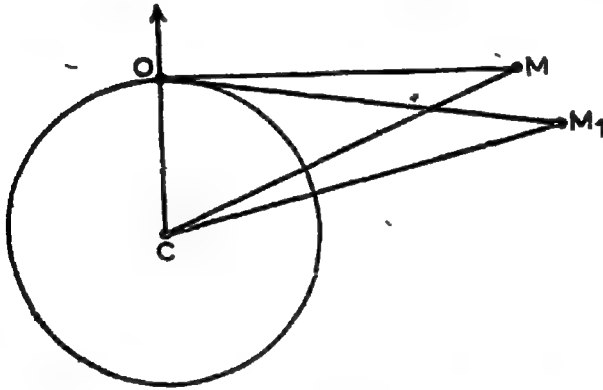
আবাব A বিন্দুকে ছু-কেন্দ্রে এবং B বিন্দুকে সূর্যের কেন্দ্রস্থলে ধরিয়া
যে কৌণিক দ্রাঘি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সূ-কেন্দ্রিক (সূর্য কেন্দ্রিক)

বা সৌর কেন্দ্রিক) বা বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি (Annual parallax) বলে। অতএব কৌণিক দ্রাষ্টি দুই প্রকার যথা :—

(ক) ভূ-কেন্দ্রিক এবং (খ) সূর্য-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক।

১২.২ ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি

কোন স্থানে ভূ-কেন্দ্র হইতে অঙ্কিত ব্যাসার্ধ কোন জ্যোতিষকে যে কোণ উৎপন্ন করে সেই কোণকে ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি বলে। মনে করুন C পৃথিবীর কেন্দ্র এবং O বিন্দু ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থান নির্দেশ করিতেছে। M একটি জ্যোতিষের অবস্থান। $\angle OMC =$ ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি।



যখন জ্যোতিষটি আকাশে উদয় হইতে থাকে অর্থাৎ যখন ইহা দিগন্ত স্বত্তের উপর অবস্থান করে তখন যে ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি সৃষ্ট হয় তাহাকে উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি (horizontal parallax) বলে।

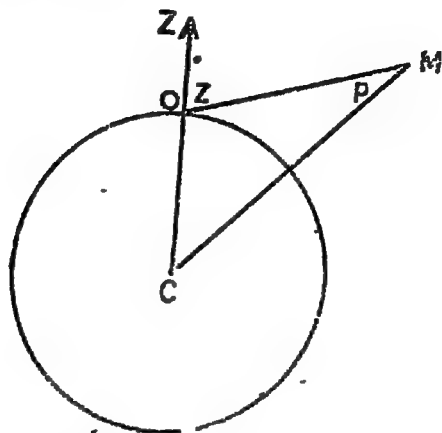
১২.৩ ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টির প্রভাব

পৃথিবীকে একটি গোলক মনে করিয়া C বিন্দুকে উহাৰ কেন্দ্র এবং O বিন্দুকে ভূ-পৃষ্ঠে কোন নির্দিষ্ট স্থান ধরিয়া লইলে জ্যোতিষকে নির্ণীত জেনিথ দূর $\angle ZOM$ -কে আগ্রবা লিখিতে পারি

$$\angle ZOM = \angle ZCM + \angle CMO.$$

$$Z = \angle ZCM + p$$

অতএব ভূ-কেন্দ্রিক স্রাতিরি ফলে প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ দূরত্ব অপেক্ষা বেশী হব।



ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ, দূরত্ব

মনে করুন $a = CO =$ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

$d = CM =$ জ্যোতিষের দূরত্ব (চন্দ্র)।

$Z = \angle ZOM =$ প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব

$p =$ স্রাতি

OCM ত্রিভুজ হইতে আমরা লিখিতে পারি যে

$$\frac{\sin \angle CMO}{CO} = \frac{\sin \angle COM}{CM}$$

$$\text{অথবা} \quad \frac{\sin p}{a} = \frac{\sin (180^\circ - Z)}{d}$$

$$\text{অথবা} \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin Z \quad (১)$$

যদি $P =$ উদয়কালীন স্রাতির পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\sin P = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d} \quad (২)$$

(১) এবং (২) হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\sin p = \sin P \sin Z$$

যেহেতু p এবং P -এর মান অতি সামান্য, অতএব আমরা
 $\sin p \approx p$ এবং $\sin P \approx P$ লইবা।

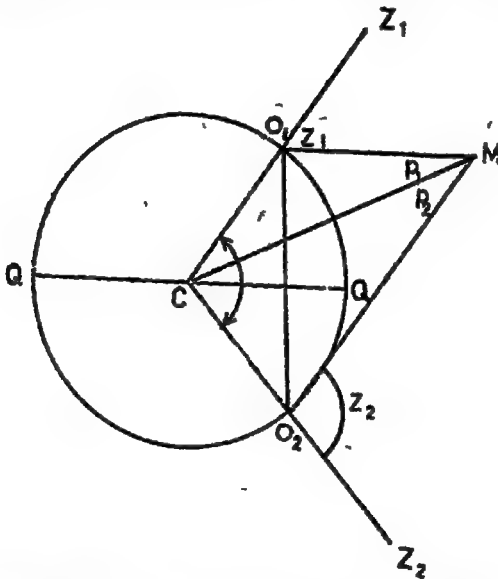
$$p = P \sin Z \quad (8)$$

যদি p এবং P -কে বেডিশান্বে পবিতৰ্তে সেকেণ্ডে পৰিবৰ্তন কৰা যায়
তাহা হইনেও

সম্মুখ কোণে $P = \frac{a}{d} = 57^\circ$ প্রকৃত মান $3422''$

১২৪. চন্দ্রের উদয়কালীন কোণিক ভ্রান্তির পরিমাণ নির্ণয়

মনে করুন O_1 এবং O_2 ভূ-গুপ্তে দুইটি নির্দিষ্ট স্থান এবং তাহাৰা একই দ্ৰাঘিমা বোৰাৰ অৱস্থিত। কালৈ চক্ৰ একই সময়ে উভয় স্থানেৰে



মেবিডিবান অতিক্রম করিবে। যদি φ_1 , φ_2 স্থান দুইটির অক্ষাংশ হয় তাহা হইলে $\angle O_1CO_2 = \varphi_1 + \varphi_2$ । চিহ্ন হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned}\angle CO_1O_2 &= \angle CO_2O_1 = \frac{1}{2}(180^\circ - \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= 90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\end{aligned}\quad (৫)$$

$$\begin{aligned}\therefore \angle MO_1O_2 &= 180^\circ - Z_1 - \left(90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) \\ &= 90^\circ + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_1\end{aligned}\quad (৬)$$

$$\begin{aligned}\text{এবং } \angle MO_2O_1 &= 180^\circ - Z_2 - \left(90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) \\ &= 90^\circ + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_2\end{aligned}\quad (৭)$$

$$\angle O_1MO_2 = (Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2)\quad (৮)$$

যদি P'' = উদযকালীন দ্রাঘি, তাহা হইলে

$$p_1'' = P'' \sin Z_1, \quad p_2'' = P'' \sin Z_2\quad (৯)$$

$$P_1'' + P_2'' = P'' (\sin Z_1 + \sin Z_2)$$

$$\text{অথবা } P'' = \frac{P_1'' + P_2''}{\sin Z_1 + \sin Z_2}\quad (১০)$$

(৮), (৯) এবং (১০) হইতে, যেহেতু $p_1'' + p_2'' = \angle O_1MO_2$,

$$P'' = \frac{(Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

যদি আমরা CM এবং p_1 , p_2 -এব মান নির্ণয় কবিত্তে চাই, তাহা হইলে আমরা নিম্নলিখিত সূত্র অবলম্বন কবি—

$$\text{এখানে } O_1O_2 = 2O_1C \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\quad (১১)$$

O_1O_2M ত্রিভুজ হইতে $\angle O_1O_2M$, O_1M এবং O_2M -এব মান নির্ণয় কবা যায়। এবং CO_1M ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned}CM^2 &= CO_1^2 + O_1M^2 - 2CO_1 \cdot O_1M \cos (180^\circ - Z_1) \\ &= CO_1^2 + O_1M^2 + 2CO_1 \cdot O_1M \cos Z_1\end{aligned}\quad (১২)$$

অতএব CM (চন্দ্রের দূরত্ব) নির্ণয় কবা যায়।

উদাহরণ ১৭। একই দ্রাঘিমাংশ অবস্থিত দুইট স্থান (স্থানীয় অক্ষাংশ যথাক্রমে $\varphi_1 = 51^\circ 30' N$, $\varphi_2 = 35^\circ 56' S$) হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র-বিন্দুর

জেনিথ দৃষ্ণ মাপিয়া উহাদেব মান যথাক্রমে $36^{\circ}52'$ এবং $51^{\circ}54'$ পাওয়া গেল। ইহা হইতে চন্দ্রের উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে দৃষ্ণ নির্ণয় করুন।

মনে করুন প্রতিসংবৎজনিত সংশোধনের পরিমাণ R_1 এবং R_2 ডায়া হইলে

$$R_1 = 58'2'' \tan 36^{\circ}52' = 43'65''$$

$$R_2 = 58'2'' \tan 51^{\circ}54' = 74'22''$$

অতএব, চন্দ্রের জেনিথ দৃষ্ণ যথাক্রমে

$$Z_1 = 36^{\circ}52'43'65''$$

$$Z_2 = 51^{\circ}55'14'22''$$

মনে করুন O_1 , O_2 স্থানের ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি যথাক্রমে p_1 , p_2 এবং Z_1 , Z_2 যথাক্রমে z_1 , z_2 -এর হলে প্রকৃত জেনিথ দৃষ্ণ। অতএব

$$p_1 = z_1 - Z_1, \quad p_2 = z_2 - Z_2$$

$$p_1 + p_2 = (z_1 + z_2) - (Z_1 + Z_2)$$

$$= 88^{\circ}47'57''87 - (\varphi_1 + \varphi_2) \text{ যেহেতু } Z_1 + Z_2 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$= 88^{\circ}47'57''87 - 87^{\circ}26'$$

$$= 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{কিন্তু } p_1 = P' \sin z_1 = P' \sin 36^{\circ}52'43'65''$$

$$\text{এবং } p_2 = P' \sin z_2 = P' \sin 51^{\circ}55'14'22''$$

$$P' (\sin 36^{\circ}52'43'65'' + \sin 51^{\circ}55'14'22'') = 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{অথবা } P' (5997 + 7853) = 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{অথবা } P' \times 13850 = 4917'87''$$

$$P' = 3550'' = 59'10''$$

$$\text{আবার } P = \frac{a}{d}, \quad a = \text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,}$$

$$d = \text{চন্দ্রের দৃষ্ণ}$$

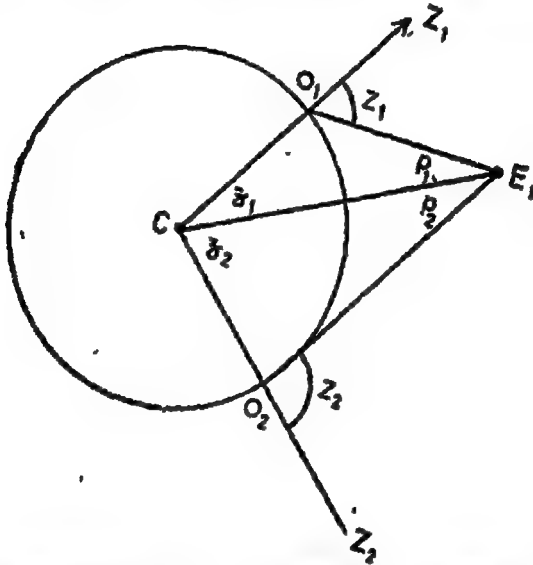
$$d = \frac{206265 \times a}{3550} \text{ মাইল}$$

$$= \frac{206265 \times 3960}{3550}$$

$$= 231720 \text{ মাইল} \quad (\text{আসন্ন মান})$$

১২.৫. Eros (asteroid)-এর কৌণিক ভ্রান্তির সাহায্যে সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

যখন Eros সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান করে তখন ইহার কৌণিক ভ্রান্তি গণনা করিয়া আমরা সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করিতে পারি।



মনে করুন দু-গুণে O_1 এবং O_2 দুইটি স্থান বিশ্ববেষা হইতে সমদূরবর্তী প্রায় একই দ্রাবিদ্রাঘ অবস্থিত। মনে করুন asteroid Eros E_1 বিন্দুতে পৃথিবীর তুলনায় সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান করিতেছে। মনে করুন Z_1, Z_2 E_1 -এর জেনিথ দূর এবং p_1, p_2 যথাক্রমে কৌণিক ভ্রান্তি। তাহা হইলে $Z_1 = p_1 + z_1$

$$Z_2 = p_2 + z_2$$

$$\therefore Z_1 + Z_2 = (p_1 + p_2) + (z_1 + z_2).$$

কিন্তু $z_1 + z_2 = \phi_1 + \phi_2$, (ϕ_1, ϕ_2 স্থানীয় অক্ষাংশ)

$$\therefore p_1 + p_2 = Z_1 + Z_2 - (\phi_1 + \phi_2).$$

এখন, $p_1 = PE_1 \sin Z_1$ এবং $p_2 = PE_1 \sin Z_2$. (এখানে

PE_1, E_1 -এর ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি)।

$$\text{অতএব } P_{E_1} (\sin Z_1 + \sin Z_2) = Z_1 + Z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$\text{অথবা, } P_{E_1} = \frac{Z_1 + Z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2} \quad (১৩)$$

মনে ককন ভূ-কেন্দ্র হইতে E_1 এর দূরত্ব $=x$. এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $=r$

$$\frac{r}{x} = P_{E_1} \text{ অথবা } x = \frac{r}{P_{E_1}} \text{ মাইল} \quad (১৪)$$

মনে ককন সূর্য হইতে পৃথিবী এবং Eros (E_1 -এব অবস্থানে)-এব দূরত্ব যথাক্রমে a_1 এবং a_2

$$\text{তাহা হইলে, } a_2 - a_1 = x = \frac{r}{P_{E_1}} \quad (১৫)$$

মনে ককন T_1 এবং T_2 যথাক্রমে পৃথিবী এবং Eros-এব সূর্যের চারিদিকেব আবর্তন সময়। তাহা হইলে Kepler-এব তৃতীয় নিয়ম

$$\text{হইতে আমবা পাই } \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\text{অথবা, } \frac{a_2}{a_1} = T_2^{2/3} \quad (T_1 = \text{এক বৎসর}) \quad (১৬)$$

(১৫) এবং (১৬) হইতে আমবা পাই

$$a_1(T_2^{2/3} - 1) = \frac{r}{P_{E_1}}$$

$$\text{অথবা, } a_1 = \frac{r}{P_{E_1}(T_2^{2/3} - 1)} \text{ মাইল} \quad (১৭)$$

(১৭) হইতে আমবা সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব পাইতে পাবি।

সর্বশেষে, মনে ককন সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি $=P_s$. তাহা হইলে

$$P_s = \frac{r}{a_1} = P_{E_1}(T_2^{2/3} - 1) \quad (১৮)$$

পর্যবেক্ষণ হইতে দেখা গিয়াছে যে, $P_s = 8'' 790$

অতএব $a_1 = 93,005,000$ মাইল।

১২ ৬ একটি জ্যোতিষ্কের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি এবং ইহার গড় দূরত্ব

মনে ককন জ্যোতিষ্কটি যখন উদয় হইতেছে তখন ইহার কৌণিক ভ্রান্তির পরিমাণ P^* , এখানে $Z=90^\circ$

$$\text{সুতরাং } \sin \frac{P}{206265} = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d}$$

যেহেতু $\frac{P}{206265}$ এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে

$$\sin \frac{P}{206265} \approx \frac{P}{206265}$$

$$\therefore \frac{P}{206265} = \frac{a}{d}$$

$$\text{অথবা } P = \frac{a}{d} \times 206265$$

$$\text{এবং } d = \frac{a \times 206265}{P} = \frac{3960 \times 206265}{P}$$

উদাহরণ ১৮। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ৬০ গুণ হয় তাহা হইলে চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি কত হইবে নির্ণয় করুন।

এখানে চন্দ্রের কৌণিক দ্রাষ্টিকে P ধরিয়া আমরা পাই

$$P = \frac{a}{d} \times 206265 = \frac{a}{60a} \times 206265$$

$$P = 3437''75$$

$$= 57^\circ 17' 75''$$

উদাহরণ ১৯। সূর্যের উদয়কালীন দ্রাষ্টিকে $8''.790$ ধরিয়া এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধকে ৩৯৬০ মাইল ধরিয়া সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব নির্ণয় করুন।

মনে করুন নির্ণেয় দূরত্ব $= d$ মাইল

$$\text{তাহা হইলে } d = \frac{a \times 206265}{P} = \frac{3960 \times 206265}{8.790}$$

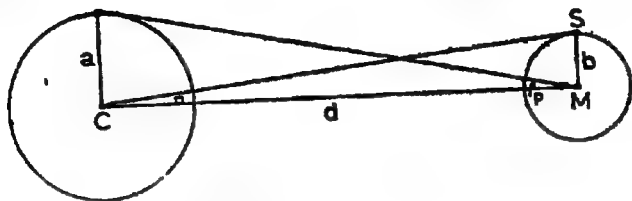
$$= 92,924,847 \text{ মাইল।}$$

১২৭ উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং কৌণিক ব্যাস হইতে

চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাস নির্ণয়

মনে করুন C , M যথাক্রমে পৃথিবী এবং চন্দ্রের কেন্দ্র, a , b উহাদের ব্যাসার্ধ এবং p , চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি। আরও মনে

ককন যে ছ-কেত্রে চক্রেব ব্যাসার্ধ m কোণ উৎপন্ন করিবাছে এবং মনে



ককন $CM=d$ তাহা হইলে

$$\sin \frac{p}{206265} = \frac{a}{d} \quad (১৯)$$

এবং, $\sin \frac{m}{206265} = \frac{b}{d}$ (২০)

(১৯) কে (২০) দ্বাৰা ভাগ কৰিবা এবং $\sin \frac{p}{206265} \approx \frac{p}{206265}$

$\sin \frac{m}{206265} \approx \frac{m}{206265}$ লিখিবা আমবা পাই

$$\frac{p}{m} = \frac{a}{b}$$

অথবা $b = \frac{a \times m}{p}$ মাইল (২১)

মনে ককন $p=57'2''$, $m=31', 5''$

এবং পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ=৩৯৬০ মাইল।

$$\text{চক্রেব ব্যাস} = 2b = \frac{2a \times m}{p} = \frac{a \times 2m}{p}$$

অথবা $2b = \frac{3960 \times 31'5''}{57'2''}$

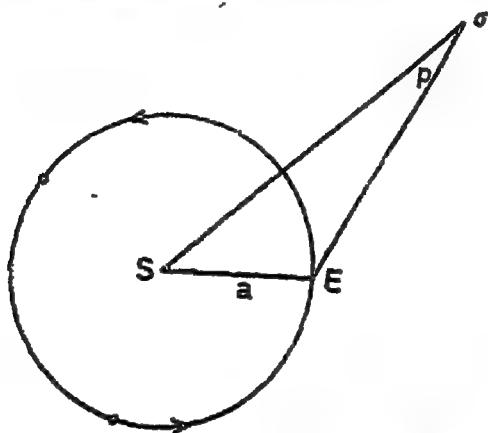
$$= 2158 \text{ মাইল।}$$

১২৮ স-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি (Annual parallax)

সাধাৰণতঃ দৃববৰ্তী গ্রহগুলি এবং নক্ষত্রগুলি এত দূৰে অবস্থিত যে তাহাদেব ছ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তিব পৰিমাণ নিতান্ত নগণ্য। সেই জন্ত পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধকে অবলম্বন না কৰিবা পৃথিবীৰ কেন্দ্রেব সহিত

সূর্যের কেন্দ্রেব দূরত্বকে অবলম্বন করিয়া অথবা উভয়েব কেন্দ্র সংযোগ-কারী সলবেখাকে অবলম্বন করিয়া যে কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সূর্য-কেন্দ্রিক বা সূ-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি (annual parallax) বলে।

মনে করুন O দ্বারা একটি নক্ষত্র, S দ্বারা সূর্য এবং E দ্বারা পৃথিবীকে নির্দিষ্ট করা হইল। তাহা হইলে So = সূর্য হইতে নক্ষত্রেব দূরত্ব (heliocentric distance), EO = পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে নক্ষত্রেব দূরত্ব, ES = সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব।



তাহা হইলে $\angle EoS = p$ দ্বারা সূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টির পরিমাণ বুঝাইবে।

এখন SEO ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\frac{\sin p}{a} = \frac{\sin E}{d}, \quad d = So$$

এই সমীকরণ হইতে আমরা দেখিতেছি যে $E = 90^\circ$ হইলে p এর মান সর্বাধিক হইবে।

মনে করুন $p = \pi$ যখন $E = 90^\circ$

$$\text{অর্থাৎ} \quad \sin \pi = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d}$$

$$\text{অতএব} \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin E$$

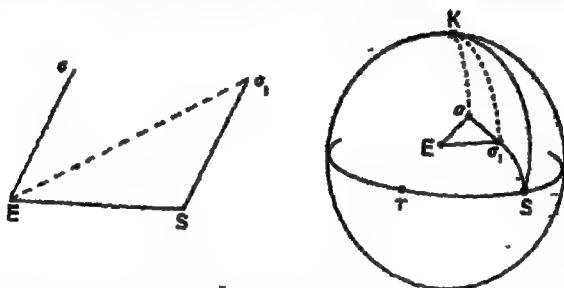
$$\text{অর্থাৎ} \quad \sin p = \sin \pi \sin E.$$

যেহেতু p এবং π -এর মান সর্বদাই অতি ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে, $\sin p \approx p$, $\sin \pi \approx \pi$

$$p = \pi \sin E \quad (\text{জানক্স মান}) \quad (২২)$$

১২৯. বাৎসরিক দ্রাতিজনিত কলাকল

মনে করুন একটি নক্ষত্র, পৃথিবী এবং সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে σ , E এবং S দ্বারা সূচিত হইল। $E\sigma$, $S\sigma_1$ -এর সমান্তরাল। অতএব $E\sigma$, $E\sigma_1$, $S\sigma_1$ একই সমতলে অবস্থিত। মনে করুন $E\sigma_1$, $E\sigma$ এবং ES দ্বারা σ -এর দ্রাতিজনিত কলাকল σ_1 , σ এবং S বিন্দুতে ছেদ করিল।



অতএব σ , σ_1 এবং S একই মহাবৃত্তে ছেদ করিবে এবং S এক্ষিপটকে উপর অবস্থান করিবে। যেহেতু পৃথিবী হইতে নক্ষত্রকে $E\sigma_1$ -এর দিকে দেখা যায় অতএব E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma_1 ES$ অথবা $\angle \sigma S$ কিন্তু প্রকৃত কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma ES$

$$\angle \sigma ES = \angle \sigma S \sigma_1 + \angle \sigma_1 ES$$

= বাৎসরিক কৌণিক দ্রাতি + E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধান।

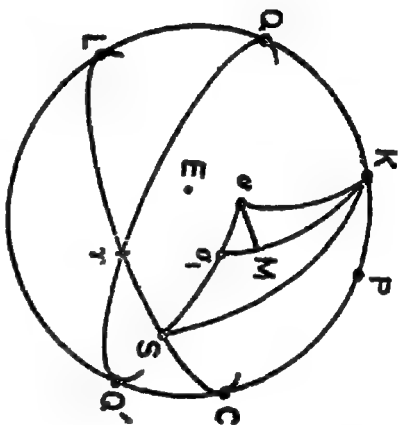
অতএব আমরা পাই যে

(a) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাতিব জন্য একটি নক্ষত্রকে সূর্যের দিকে সন্নিহিত আসিতে দেখা যায়,

(b) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাতি সূর্য হইতে নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধানের সহিত (22) সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

(c) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাঘিৱ জন্ত (i) আকাশে সাধারণ স্থানে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি ক্ষুদ্রাকার উপবৃত্তে পরিভ্রমণ কবিত্তে দেখা যায় ; (ii) এরিপিটকের পোলে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে বৃত্তাকারে এবং (iii) এরিপিটকে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি সরলরেখায় ইত্যন্ততঃ পরিভ্রমণ কবিত্তে দেখা যায়। শেবোক্ত ক্ষেত্রে সবলরেখাট প্রকৃতপক্ষে মহাবৃত্তের একটি অংশবিশেষ।

(১) মনে ককন σ নক্ষত্রের একটি সাধারণ অবস্থান (এরিপিটিক এবং ইহাব পোল ব্যতীত)। মনে ককন σ_1 এবং σ যথাক্রমে ভূকেন্দ্রিক (geocentric) এবং সূর্যকেন্দ্রিক (heliocentric) অবস্থান S, সূর্যের অবস্থান। মনে ককন OM , $K\sigma_1$ -এর উপব লম্ব। মনে ককন (λ, β) এবং (λ', β') যথাক্রমে σ এবং σ_1 -এর মহাদ্রাঘিমা এবং দ্রাঘ্যংশ এবং $\gamma S = 0$, $\angle \sigma_1 ES = 0$



OM কে x -অক্ষ এবং OM -এর উপব লম্ব বৃত্তাংশকে y -অক্ষ বোঝা কল্পনা কবিত্তা, $\angle M\sigma\sigma_1 = \eta$ ধবিত্তা জামবিত্তা $OM\sigma_1$ ত্রিভুজ-হইতে পাই

$$x = OM = \sigma\sigma_1 \cos \eta = \pi \sin \theta \cos \gamma$$

$$\therefore x = \pi \sin \theta + \sin \left(\frac{\pi}{2} + \eta \right) \quad \left| \frac{K\sigma M}{\sigma} = \frac{\pi}{2} \right.$$

$$= \pi \sin KS \sin \sigma KS$$

$$= \pi \sin (0 - \lambda) \quad (20)$$

$$\text{এবং } y = M\sigma\sigma_1 = \sigma_1 \sin \eta = -\pi \sin \theta \cos \left(\frac{\pi}{2} + \eta \right)$$

$$\therefore y = -\pi (\cos KS \sin K\sigma - \sin KS \cos K\sigma \cos \sigma KS)$$

$$= \pi \sin \beta \cos (\theta - \lambda) \quad (২৪)$$

(২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই

$$\frac{\lambda^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2 \beta} = 1 \quad (২৫)$$

(২৫) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, θ_1, θ_2 কে ক্রিয়া উপ-
স্থাপন করিয়া পবিভ্রমণ করিয়া থাকে।

(ii) যদি নক্ষত্রটি K বিন্দুতে অবস্থান করে অর্থাৎ এলিপটিকের
পোলে অবস্থান করে তাহা হইলে নক্ষত্রের অক্ষাংশ $= 90^\circ$ এবং (২৫)
হইতে আমরা পাই

$$\frac{\lambda^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2 90^\circ} = 1$$

অর্থাৎ, $\lambda^2 + y^2 = \pi^2$ (২৬)

(২৬) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে এলিপটিকের পোলে অবস্থিত
নক্ষত্র একটি বৃত্তাকার পথে পবিভ্রমণ করে।

(iii) সর্বশেষে, যদি নক্ষত্রটি এলিপটিকের উপর অবস্থান করে তাহা
হইলে $\beta = 0$ এবং (২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই—

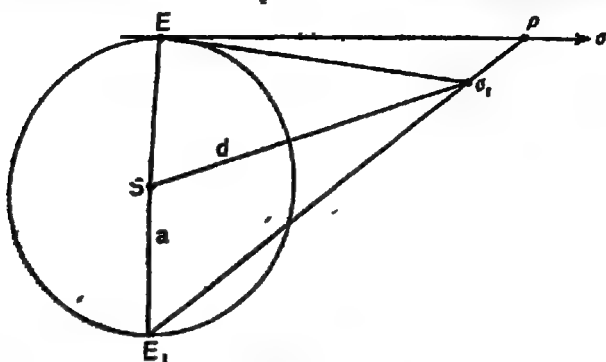
$$\begin{aligned} x &= \pi \sin (\theta - \lambda) \\ y &= 0 \end{aligned}$$

অতএব এমতাবস্থায় নক্ষত্রটিকে একটি সরলরেখার ভ্রমণ করিতে দেখা
যাইবে।

১২১০ নক্ষত্রের বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

মনে করুন স্বর্ষ, S হইতে d দূরত্বে একটি নক্ষত্র σ_1 অবস্থান করিতেছে।
মনে করুন বৃত্তাকার কক্ষপথে চর্যমান বায়ুধানে পৃথিবী E এবং E_1
অবস্থানে বহিয়াছে। অতএব $EE_1 = 186010000$ মাইল (প্রায়)।
নক্ষত্রটি অভ্যন্তরীণ দূরত্বের আনন্দা মনে করিতে পারি যে $\sigma_1 S$ রেখা
প্রস্থতপক্ষে EE_1 রেখার উপর লম্ব। মনে করুন আবণ্ড দূরত্বটী একটি
নক্ষত্র σ_2 σ_1 -এব নিকটবর্তী এলাকায় অবস্থান করিতেছে যেন E_1 ও
এবং E -কে সমান্তরাল মনে করা যাক এবং σ_2 নক্ষত্রটির কৌণিক ভ্রান্তি

নগণ্য বলিয়া ধরিয়া লওয়া যাব। E_1 σ_1 -কে বর্ধিত করায় EO -কে F



বিশ্মুতে ছেদ করিল। তাহা হইলে

$$2p'' = \angle E\sigma_1 E_1 = \angle EPE_1 + \angle pE\sigma_1 \\ = [\angle E_1 p + \angle \sigma E\sigma_1]$$

উান দিক্‌কাষ কোণ দুইটি মাপিবা p -এর মান নির্ণয় করা যাব।

১২-১১.- বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং নক্ষত্রের দূরত্ব নির্ণয়

গনে কখন নক্ষত্রের বৃহত্তম বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি $= \pi$ এবং ইহাব
মূর্ধ-কেন্দ্রে হইতে দূরত্ব $= d$ তাহা হইলে

$$\frac{\pi}{206265} = \frac{a}{d} \text{ অথবা, } d = \frac{206265 \times 93005000}{\pi} \text{ মাইল।}$$

প্রশ্নমালা—১০

১। গ্রহের ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টি কাকার্ক বলে এবং গ্রহের অবস্থানের উপর এই দ্রাষ্টির ফল কি? প্রমাণ কখন যে একটি জ্যোতিষের ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি, উহাব জেনিথ দূরত্বের \sin -এর অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

২। চন্দ্রের পবিসীমার উচ্চতম বিশ্মুদ জেনিথ দূরত্ব $58^\circ 28' 21''$, উহাব উদয়কালীন দ্রাষ্টি $60' 16''$, ব্যাসার্ধ $16' 25''$ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ $50^\circ 45'$ এবং প্রতিসরণ অংক 58.2 হইলে চন্দ্রের নতি নির্ণয় করুন।

৩। সূর্যেব কৌণিক দ্রাষ্টি $8^{\circ}79'$ উহাব কৌণিক ব্যাস $32'$ এবং পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহাব প্রকৃত ব্যাসেব মান নির্ণয় ককন।

৪। চন্দ্রেব উদয়কালীন দ্রাষ্টি $57'$, কৌণিক ব্যাস $32'$ এবং উহাব ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহাব ব্যাস নির্ণয় ককন।

৫। সূর্যেব আপাত জেনিথ দূৰ্ব্ব 45° এবং উদয়কালীন দ্রাষ্টি $8^{\circ}79'$ হইলে উহাব প্রকৃত জেনিথ দূৰ্ব্ব কত?

৬। শূক্ৰ গ্রহেব উদয়কালীন দ্রাষ্টিৰ পরিমাণ $9^{\circ}.8$ এবং ব্যাসার্ধ (কৌণিক) $8^{\circ}9'$ হইলে গ্রহটিৰ প্রকৃত ব্যাস এবং পৃথিবী হইতে দূৰ্ব্ব নির্ণয় ককন।

৭। চন্দ্রেব সর্বাধিক এবং সর্বনিম্ন উদয়কালীন দ্রাষ্টিৰ পরিমাণ $61^{\circ}26''$ এবং $54^{\circ}01''$ । হইলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রেব বৃহত্তম এবং নিকটতম দূৰ্ব্ব নির্ণয় ককন।

৮। বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং ডু-কেন্দ্ৰিক কৌণিক দ্রাষ্টিৰ মধ্যে প্রভেদ কি তাহা বর্ণনা ককন। প্রমাণ ককন যে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি, সূর্য হইতে উহাব কৌণিক ব্যবধানেব sine-এব অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

৯। বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয়েব একটি পদ্ধতি বর্ণনা ককন।

১০। যদি একটি নক্ষত্র হইতে আলো আসিতে 230 বৎসৰ সময়েব প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে ঐ নক্ষত্রেব বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি কত তাহা নির্ণয় ককন।

১১। আকাশেব কোন স্থানে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি থাকিবে না? আকাশেব কোন স্থানে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি সর্বাধিক হইবে?

ত্রয়োদশ অধ্যায়

সূর্য

(THE SUN)

আমরা সৌরজগতের অন্তর্গত পৃথিবী গ্রহের অধিবাসী। সূর্যই একমাত্র “নক্ষত্র” (star) যাহাকে আমরা সবচেয়ে নিকটে দেখিতে পাই। সূর্যের পৰ্বই আমাদের নিকটতম নক্ষত্রের দূরত্ব এত অধিক যে সেই নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৩ বৎসর সময়ের প্রয়োজন হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়।

১৩১ সূর্যের প্রকৃতি

সূর্য অসংখ্য গ্যাসের ‘গিও’ (globe)। ইহাকে একটি বলের মত কল্পনা করিলে ইহার ব্যাস প্রায় ৮৬৪,০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় ১০৯ গুণ বেশী। অতএব আকারে ইহা ১,৩০০,০০০ টি পৃথিবীর সমান কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (density) পৃথিবীর ঘনত্বের মাত্র এক-চতুর্থাংশ। সূর্যের উপবিভাগের তাপ $৬০০০^{\circ} K$ এবং কেন্দ্রস্থলের তাপ যে কত লক্ষ ডিগ্রী তাহা জানা যায় নাই।

সূর্যের বিভিন্ন অংশকে তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। ইহার ভিতরের অংশ বা Interior। উপবিভাগের নাম “ফটোস্ফিয়ার” (photosphere)। এই অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করিয়া সূর্য সংক্ষেপে জ্ঞান লাভ করা সম্ভব হইয়াছে। ফটোস্ফিয়ারের বাহিরের লোহিত বর্ণের অংশকে “ক্রোমোস্ফিয়ার” (chromosphere) বলে। এই অঞ্চলের লোহিত বর্ণ হাইড্রোজেন বা উদ্‌যান গ্যাসের জন্ম হইয়াছে। ইহা ছাড়া সূর্যগ্রহণের সময় আমরা সূর্যের চাবিদিকে যে লেলিহান আভা দেখিতে পাই তাহাকে সূর্যের “করোনা” (corona) বলে।

১৩২ সূৰ্যৰ স্বীয় অক্ষের চাৰিপাৰ্শ্বে আবৰ্তন (Sun's rotation)

টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে দেখিতে পাওয়া গিয়াছে যে সূৰ্যেৰ উপবিভাগেৰ অস্পষ্ট দাগগুলি (sun spots) ক্রমশঃ পশ্চিম হইতে পূৰ্বদিকে সৰিয়া যাইতে থাকে। কেন্দ্ৰস্থলে দৃষ্ট একটী দাগ প্রায় এক সপ্তাহ কাল সময়ে সূৰ্যেৰ খালাৰ (disc) একধাৰে সৰিয়া যায় এবং আব এক সপ্তাহ পবে আৰাব কেন্দ্ৰস্থলে আবিৰ্ভাব হয়। এই ঘটনা হইতে বুঝা যায় যে সূৰ্য স্বীয় অক্ষের চাৰিপাৰ্শ্বে আবৰ্তন কৰিয়া থাকে। সূৰ্যেৰ এই আক্ষিক গতি (rotation) পৃথিবীৰ আক্ষিক গতিৰই অনুরূপ। সূৰ্যেৰ বিষুবতল, পৃথিবীৰ ককতলেৰ সহিত প্রায় 9° কোণে অবস্থিত বলিয়া সূৰ্যেৰ উপবিভাগেৰ অস্পষ্ট দাগগুলিকে অপেক্ষাকৃত বক্রবেখাৰ ভ্রমণ কৰিতে দেখা যায়। এই বক্রগতি মার্চ এবং সেপ্টেম্বৰ মাসে সৰ্বাধিক পৰিমাণে দেখা যায়। আৰাব ডিসেম্বৰ এবং জুন মাসে এই গতিৰ বক্রতা সবচেয়ে কম হইয়া থাকে।

সূৰ্যেৰ উপবিভাগেৰ বিভিন্ন অক্ষাংশেৰ আবৰ্তন কাল (period) স্পেকট্রোস্কপেৰ সাহায্যে স্থির কৰা হইয়াছে। বিষুবতলেৰ উপৰ এই আবৰ্তন কাল প্রায় ২৫ দিন। এই আবৰ্তন কাল ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া 35° অক্ষাংশে প্রায় ২৭ দিন হইয়া থাকে।

১৩৩ সূৰ্য হইতে তাপ বিকিরণ (Radiation)

একটি উত্তপ্ত বস্তু হইতে তাপ স্থানান্তৰিত তিন প্রকাৰে সম্ভব হইতে পারে :

(ক) একটি বস্তুৰ এক প্রান্ত উত্তপ্ত হইলে সেই তাপ বস্তুৰ অভ্যন্তৰেৰ মধ্য দিয়া স্রোতেৰ আকাৰে প্রবাহিত হইতে পারে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তৰিত হয় তাহাকে পৰিবহণ বা "Conduction" বলা হয়। মনে কৰুন একটী লম্বা লৌহ-দণ্ড লইয়া ইহাৰ এক প্রান্তকে উত্তপ্ত কৰা হইল, ফলে অন্ত প্রান্তে তাপ স্রোতেৰ আকাৰে প্রবাহিত হইবে।

(খ) অনেক সময় তাপ ঘোড়ের আকারে প্রবাহিত না হইয়া বস্তুর উত্তম অংশ বিশেষ তাপ গ্রহণ করিয়া স্থান পরিবর্তন করে। মনে করুন একটি পাত্রে কোন তরল পদার্থ লইয়া ছাল দিতে আবৃত কবিশাম, প্রথমে তরল পদার্থের উত্তমভাগ শীতল এবং তলদেশের পদার্থ উত্তম হইবে। পবে যতই উত্তাপ বাড়িতে থাকিবে ততই উত্তম তরল পদার্থ উপরের দিকে আসিতে থাকিবে এবং শীতল অংশ নীচের দিকে যাইবে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তরিত হয় তাহাকে প্রতিবহন বা convection বলে।

(গ) উপবিম্লিখিত দুইটি প্রক্রিয়া ছাড়াও এক প্রকারে তাপ স্থানান্তরিত হয়। ইহাকে বেডিয়েশন (Radiation) বা বিকিরণ বলা হয়। সূর্য হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া পৃথিবীতে আসে।

বৈজ্ঞানিকেরা নানা প্রকার গবেষণার পর বিকীর্ণ তাপ এবং তাপ মাত্রা (temperature) এর মধ্যে সম্বন্ধ কি তাহা আবিষ্কার করিয়াছেন। Stephan-Boltzman-এর নিয়মানুসারে, প্রতি সেকেন্ডে একটি আদর্শ বেডিয়েন্টার হইতে যে তাপ বিকীর্ণ হইবে তাহা পরিমাণ যদি প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে E আর্গ হয় তাহা হইলে $E = \sigma T^4$ ($T \equiv$ তাপ মাত্রার পরিমাণ, $\sigma =$ একটি বিশেষ নির্দিষ্ট সংখ্যা)। সূর্য হইতে যে বেডিয়েশন সংঘটিত হয় তাহা পরিমাণ হইতে স্থির করা হইয়াছে যে সূর্যের বহির্ভাগের তাপমাত্রা প্রায় 6000° । সূর্যের অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার পরিমাণ সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয় নাই। অনেকে অনুমান করেন যে এই তাপমাত্রার পরিমাণ প্রায় $1,000,000^\circ$ । এই অত্যধিক তাপমাত্রার ফলে সূর্যের অভ্যন্তরস্থ বাবতীর বস্তু গ্যাসীয় আকারে বিবাজ্য করিতেছে।

১৩৪. সূর্যের বহির্ভাগের বিশেষত্বগুলি

পরিষ্কার আকাশে সূর্যের দিকে খালি চোখে অনেককণ ব্যবধ দৃষ্টি নিবন্ধ রাখা উচিত নহে। ইহাতে চোখের ক্ষতি হইতে পারে। টেলিস্কোপে বিশেষ সাবধানতাব সহিত সূর্যকে দেখিতে হয়। সূর্যের

দিকে টেলিস্কোপ ব্যবহাৰ কৰিবাব জন্ত বিশেষ বকম কাচেৰ লেন্সেৰ (lens) ব্যবহাৰ কৰা হয়। বৰ্তমান কালে পৃথিবীৰ বিভিন্ন স্থানেৰ অবজাৰভেটবীতে দৈনন্দিন সূৰ্যেৰ ফটোগ্রাফ লওযা হইতেছে। এমন কি বেলুন বা বকেটেৰ সাহায্যে অতি উচ্চস্থান হইতে সূৰ্যেৰ পৰিচ্ছাৰ ফটোগ্রাফ হইতে সূৰ্য সম্বন্ধে নানা তথ্য জ্ঞানা যায়।

আমবা সূৰ্যেৰ যে উপবিভাগ দেখিতে পাই তাহাকে “ফটোস্ফিয়ার” (photosphere) বলে। এই দৃশ্যমান উপবিভাগেৰ গভীৰতা প্ৰায় ২৫০ মাইল। এই দৃশ্যেৰ পৰেৰ স্তৰ আমবা দেখিতে পাই না। ইহাৰ কাৰণ বোধ হয় এই যে অভ্যন্তৰেৰ স্তৰে ঋণাত্মক হাইড্ৰোজেন আৰুনেৰ আধিকা ঘটিয়া থাকে।

টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে সূৰ্যেৰ উপবিভাগে কৃষ্ণকাষ দাগ বা ছোপ (spot) দেখা যায়। এই দাগগুলি ছোট বড় নানা আকাৰেৰ হইয়া থাকে। কোন কোন বৎসৰ সূৰ্যেৰ উপবিভাগে কোনই দাগ দেখা যায় না। আবার কোন কোন বৎসৰ অনেকগুলি টেলিস্কোপ দেখা যায়। প্ৰায় ১১১ বৎসৰে এই কৃষ্ণকাষ দাগগুলি একই স্থানে ফিৰিয়া আসে। ইহা হইতে প্ৰমাণ হয় যে সূৰ্য আপন মেকদণ্ডেৰ চাৰি দিকে ঘূৰিতেছে।

১৩৫ সূৰ্যেৰ কৌণিক দ্ৰাষ্টি এবং জ্যোতিৰ্বিজ্ঞান

দূৰত্বের একক

আমবা পূৰ্ববৰ্তী অধ্যায়ে কৌণিক দ্ৰাষ্টিৰ সাহায্যে কেমন কৰিয়া জ্যোতিৰ্কেৰ দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰা যায় তাহা আলোচনা কৰিয়াছি। এই ভাবে পৃথিবী হইতে সূৰ্যেৰ যে দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰা হইয়াছে সেই দূৰত্বকে একক ধৰিয়া অত্যান্ত নক্সেৰ দূৰত্বকে এই এককে প্ৰকাশ কৰা হয়। সাধাৰণতঃ তিন উপায়ে সূৰ্যেৰ কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয় যথা—

- (১) জ্যামিতীৰ পদ্ধতি (পূৰ্ববৰ্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইয়াছে);
- (২) মাস্যাকৰ্ষণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে পৃথিবী এবং সূৰ্যেৰ বস্তুর পৰিমাণেৰ অনুপাত নিৰ্ণয় কৰিয়া তাহাৰ সাহায্যে কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয় ;
- (৩) আলোৰ গতি নিৰ্ণয় কৰিয়া aberration-এৰ সাহায্যে অনেক সময় কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয়।

১৩৬. সূর্যে বস্তুর পরিমাণ

সূর্যে বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় কবিত্তে হইলে অত্র জ্যোতিষের উপর ইহাব আকর্ষণের পরিমাণ নির্ণয় কবিত্তে হয়। মনে কবিলাম যে পৃথিবী T সময়ে সূর্যকে আবর্তন কবে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বের গড়=a। যদি f হাবা সূর্যের গতিবেগের বৃদ্ধি (acceleration) গড় বুঝাই, তাহা হইলে

$$= \frac{4\pi^2 a^2}{T^2}$$

এখন যদি $a = 1.4968 \times 10^{12}$ সে. মি

$T = 3.1558 \times 10^7$ সেকেন্ড

তাহা হইলে $f = 0.59331$ সে. মি./ (সেকেন্ড)²

আবার মাধ্যাকর্ষণের আইন হইতে আমরা পাই

$S =$ সূর্যে বস্তুর পরিমাণ, $E =$ পৃথিবীতে বস্তুর পরিমাণ।

$$f = G \cdot \frac{S}{a^2} \quad g = G \cdot \frac{E}{p^2}, \quad p = \text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,}$$

$$\frac{S}{E} = \frac{f}{g} \times \frac{a^2}{p^2} = \frac{4\pi^2 a^2}{g T^2 p^2}$$

$S = 333,420 E$ প্রায়।

অথবা $S = 1.98 \times 10^{33}$ গ্রাম।

সূর্যের উপবিভাগে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ : সূর্যের উপবিভাগে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ পাইতে হইলে ইহাব বস্তুর পরিমাণ এবং ব্যাসার্ধের বর্গের অনুপাত লইতে হইবে। অর্থাৎ

$$\text{মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ} = \frac{333,420}{(1093)^2} = 27.91 \times \text{পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ।}$$

অর্থাৎ, যে পদার্থের ভূ-পৃষ্ঠে ওজন পাউণ্ডের সমান, সূর্য-পৃষ্ঠে তাহাব ওজন 27.91 পাউণ্ডের সমান হইবে।

১৩৭. সূর্যে শক্তির উৎস (Source of solar energy)

সূর্য প্রতি সেকেন্ডে 6.3×10^{10} আর্গ শক্তি বিকিরণ কবিত্তেছে, এই প্রচণ্ড শক্তি কোন স্বাভাবিক বাসাবনিক প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি হইতে পারে না।

অনেকে অনুমান করেন যে সূর্যে অবস্থিত বস্তুৰ অভ্যন্তৰে thermo-nuclear পৰিবৰ্তন ঘটে এবং ইহাৰ ফলে এই শক্তি সৃষ্টি হওয়া সম্ভব হইতেছে।

অনুমান কৰা হইতেছে যে সূৰ্যে যথেষ্ট পৰিমাণে হাইড্ৰোজেন বা উদযান গ্যাসেৰ অস্তিত্ব আছে এবং সেই সঙ্গে কাৰ্বন এবং নাইট্ৰোজেন গ্যাসও বিদ্যমান আছে। ইহাৰ ফলে বহুকাল বাবে প্রয়োজনীয় thermo-nuclear পৰিবৰ্তন সৃষ্টি হওয়া সম্ভব। সূৰ্যেৰ অভ্যন্তৰে অত্যধিক তাপমাত্রাৰ ফলে হাইড্ৰোজেনেৰ nucleus সৰ্বদা হিলিয়াম পৰমাণুৰ nucleus-এ পৰিবৰ্তিত হইতেছে।

চতুর্দশ অধ্যায় অবজারভেটরী (OBSERVATORY)

১৪.১. অবজারভেটরী

আকাশে জ্যোতিষ্কদের গতিবিধি লক্ষ্য কবিবার জন্ত যে বৈজ্ঞানিক গৃহ নির্মাণ করা হয় তাহাকে Observatory বলে। জ্যোতির্বিজ্ঞান সহজে গবেষণা কবিার জন্ত আমাদের দেশে আজও পর্যন্ত কোন ব্যবস্থা করা হয় নাই। আশা কবি ভবিষ্যতে ইহা ব্যবস্থা হইবে। জ্যোতির্বিজ্ঞান গবেষণা গৃহেব জন্ত অপেক্ষাকৃত উচ্চ স্থান (প্রায় কয়েক হাজার ফুট) গ্রহণ করা উচিত যেন ঐ স্থান হইতে বৃহত্তম দিগন্ত-বেধা দেখা যায়। গবেষণাগার বা অবজারভেটরীতে চন্দ্র, সূর্য গ্রহ, নক্ষত্রের অবস্থান নিখুঁতভাবে দেখা এবং বাবতীয় গণনাকার্য সম্পন্ন করা হইবা থাকে।

১৪.২. সাইডেরিয়াল ঘড়ি (অথবা Astronomical clock)

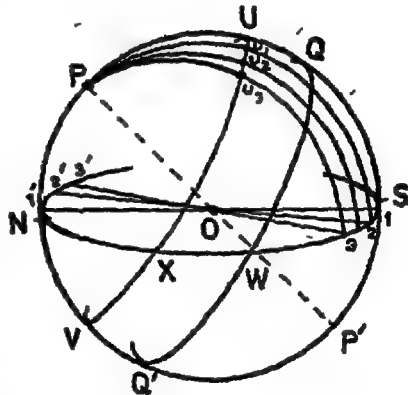
এই ঘড়ি সাহায্যে পৃথিবীর আন্থিক গতিব সময় গণনা করা হয়। ইহা দ্বাৰা আমবা নক্ষত্রের সাইডেরিয়াল সময় নির্ণয় কবি। এই সময় আমাদের ব্যবহারিক সময় (mean solar time) হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক। যখন ডাবনালা ইকুইনক্স (γ) মেবিডিলাল অতিক্রম কবে তখন এই ঘড়িতে ০ ঘ. ০ মি ০ সে দেখানো হয়।

১৪.৩. সূর্য-ডায়ালাল (Sun dial)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানের মাটিতে একট গোলাকার থালাব মত ডায়ালাল তৈয়াব কবিবা তাহাতে সমান ভাগে ১ হইতে ২৪টি দাগ কাটা হইল। তাব-পব উহাব কেন্দ্রে একট কাটি (gnomon বা style) ঐ স্থানের ঞ্চবতাবাব দিক কবিবা আটকাইলে আমবা সূর্য ডায়ালাল পাই। কাটিট মাটিব সাথে যে কোণ উপন্ন কবে তাহা ঐ স্থানের

স্থানীয় অক্ষাংশের সমান। যে দিকে ঐ কাঠি ছায়া পড়িবে সেই দিকেব সাহায্যে আমরা সূর্যের কৌণিক কাল (hour angle) নির্ণয় কবিত্তে পাবি। ইহাই সঠিক সময় (apparent solar time)। কাঠি, ছায়া এবং সূর্য যে সমতলে অবস্থিত সেই সমতল জ্বনকত্রের অবস্থানের ভিত্তি দিয়া যাইবে এবং ইহা মহাবিশ্বের সহিত সমকোণ উৎপন্ন কবিবে। অতএব মহাগোলকের উপর (celestial sphere) সমতল কতৃক উৎপন্ন মহাবৃত্ত “কৌণিক কালবৃত্ত” (hour circle) অথবা “নতি জ্ঞাপক বৃত্ত” (declination circle) হইবে এবং মেবিডিযানের সহিত যে কোণ উৎপন্ন কবিবে তাহাই “কৌণিক কাল” (hour angle)। মনে ককন O সূর্য ডাষালের কেন্দ্রবিন্দু এবং OP কাঠি (style বা gnomon)-এব দিক নির্দেশ কবিত্তেছে।

মনে ককন মহাগোল-
কের উপর $N P S P'$
স্থানীয় মেবিডিযান এবং
 $N U S$ মহাদিগন্ত রেখা।
সূর্য ডাষালের ঠালা N
 WS সমতলে অবস্থিত।
১২টি সমদূরবর্তী মহাবৃত্ত
অঙ্কন করা হইল যেন
তাহা P বিন্দু দিয়া যায়।
মহাবৃত্তগুলি সূর্য ডাষালের
পবিসীমাকে যে যে বিন্দুতে

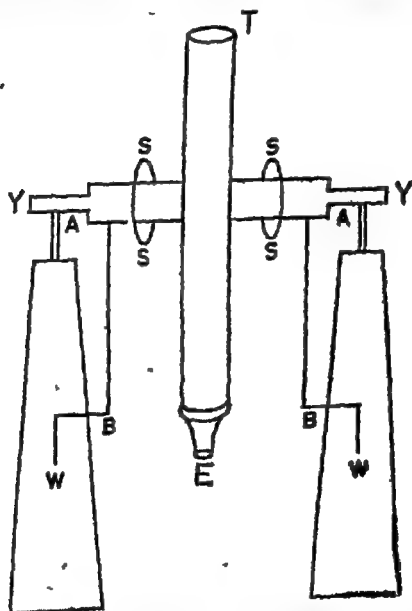


ছেদ কবে সে সমস্ত বিন্দুগুলি যথাক্রমে ১, ২, ৩, . . . , ১২, ১' ২' ৩' . . . ,
১২' বাবা নির্দিষ্ট করা হইল। O বিন্দু সহিত পবিসীমার এই সমস্ত
বিন্দু যোগ করা হইল। এইরূপে সূর্য ডাষালের উপর আমরা ১
হইতে ২৪ গুণ্টা স্থিতি কবিলাম। এখন মনে ককন যে UXV সূর্যের
দৈনিক পথ। মেবিডিযান অভিক্রম করার পর সূর্য যথাক্রমে U_1 ,
 U_2 , U_3 .. প্রভৃতি অবস্থানে আসে এবং OP -এব ছায়া সূর্য ডাষালের

সাথে সাথে অনুসরণ করিতে হইলে টেলিস্কোপকে সংলগ্ন চাকার উপর আস্তে আস্তে আবর্তন করাইতে হইবে (চিত্র দেখুন)।

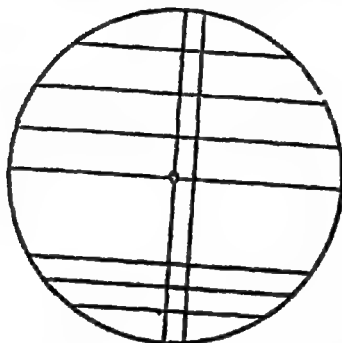
১৪৫ “মেরিডিয়ান অতিক্রম” লক্ষ্য করিবার টেলিস্কোপ (Transit instrument)

ইহাও একটি টেলিস্কোপ (TE)। ইহাকে একটি ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল একটি ভারী দণ্ডের সহিত লম্বভাবে আটকানো হয়। ভারী দণ্ডটিকে (YAA) YY দুইটি বিয়ারিংয়ের সহিত সংলগ্ন করিয়া দেওয়া হয়। বিয়ারিং দুইটিকে শক্তভাবে পূর্ব-পশ্চিম বরাবর দুইটি ভারী স্তম্ভের



উপর বসানো হয়। ফলে টেলিস্কোপসহ AA দণ্ডটিকে YY বিয়ারিংয়ের উপর সহজভাবে আবর্তন করানো যায়। AA দণ্ডের সহিত দুইটি দাগ কাটা স্বতন্ত্র চাকতি (disc) লাগানো হয়। ইহা দ্বারা টেলিস্কোপের আবর্তনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। টেলিস্কোপের নলের ভিতর

এবং দৃষ্টি ক্ষেত্র (field of view) একটি গোলাকায় ভাবে গ্রেট (reticle) লাগানো হয়। ইহাতে ৩ বা ৭ বা ১১ টা লাইন উত্তর দক্ষিণ দিকের টানা হয় এবং আড়াআড়িভাবে দুইটি ভাবে গ্রেট দেওয়া হয়। একটি ভাব হ'ল দৃষ্টপথে দুইটি সমান অংশ ভাগ করা হয় এবং অপরদিকে একটি দ্রুত সাহায্যে সন্নিহিত লক্ষ্য স্থান। ভাবী



দেখা সহিত লাগানো যন্ত্রের চাক্ষুণ্যে ভিত্তি মিনিটের দাগ কাটা থাকে। TE টেলিস্কোপের আমবা মেবিডিয়ানের সমতল ঘুরাইয়া কোন জ্যোতির্কে টেলিস্কোপের দক্ষিণ দিক আমাদেব দৃষ্টপথে আনিতে পারি। যখন জ্যোতিক প্রত্যেকটি বাত (vertical) ভাব অতিক্রম করে তখন সাইডেব্যাল সমা গণনা কবি। এইক্ষেপে জ্যোতির্কে মেবিডিয়ান অতিক্রমের সাইডেব্যাল সমবেদ গড় মান নির্ণয় করা যায়।

১৪.৬ জ্যোতিকের নতি (declination) নির্ণয়

আমবা জানি যে কোন জ্যোতির্কে মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিবার সময় জেনিথ দূর $Z = \delta - \phi$ অথবা $\phi - \delta$.

অর্থাৎ $\delta = \phi + Z$ or $\phi - Z$ (উত্তর কিংবা দক্ষিণ আকাশে) অতএব আমবা যদি Z নির্ণয় কবিতো পারি তাহা হইলে স্থানীয় অক্ষাংশের সাহায্যে δ পাইতে পারি। Transit টেলিস্কোপের সাহায্যে আমবা সহজেই Z পাইতে পারি।

১৪.৭. সাইডেরিয়াল সময় t অথবা নক্ষত্রের “রাইট আসেনশন” (R A) নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R.A. নির্ণয়িত পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়। যখন নক্ষত্রটি মেরিডিয়ান অতিক্রম করিতেছে তখন ইহার কৌণিক কাল (hour angle) ০ ঘ ০ মি. ০ স্. এবং ইহার R.A. = সাইডেরিয়াল সময় t . অবজারভেটরীতে যুক্তি যতিব সময় হইতে সাইডেরিয়াল সময় পাওয়া যাইবে। আবার যদি আমবা Nautical Almanac হইতে পূর্বেই নক্ষত্রের R.A. জানিয়া থাকি তাহা হইলে যতিব সময় আমবা ঐ মুহুর্তে ঠিক করিয়া লইতে পারি।

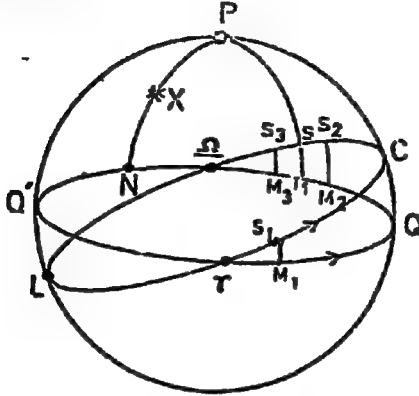
১৪.৮. মহাবিষুব (Vernal Equinox γ)-এর অবস্থান নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R.A. এবং মহা দ্যাক্সিমা জানিতে হইলে ‘ γ ’-এর অবস্থান জানা দরকার হয়। অতএব ‘ γ ’-এর অবস্থান নির্ণয় জ্যোতি-বিজ্ঞান একটি প্রয়োজনীয় সমস্যা বলিয়া গণ্য করা হয়। নিম্নে বর্ণিত দুই প্রকারে আমবা ইহার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি :

(১) γ আকাশে সেই বিন্দু যেখানে সূর্য দক্ষিণ হইতে উত্তর দিকে চলিবার পথে মহাবিষুবকে অতিক্রম করে। ‘Summer solstice’ (জুন ২১ তারিখ) আসিবার কয়েকদিন পূর্বে এবং কয়েকদিন পর পর্যন্ত আমবা সূর্যের “নতি” (declination) মাপিয়া ‘এক্লিপটিক’ (Ecliptic) বা কক্ষপথের “কৌণিক ব্যবধান” (obliquity with Equator) নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে পারি। ইহা হইতে যে-কোন দিনে সূর্যের “নতি” এবং নতি হইতে R.A. নির্ণয় করিতে পারি। সূর্যের R.A. হইতে γ এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়।

(২) Flamsteed-এর পদ্ধতি : মনে করুন মহাবিষুব (ভাবনাল ইকুইনক্স) অতিক্রম করিবার অল্পকাল পর এবং জনদিযুব (অটোমনাল ইকুইনক্স)-এ আসিবার অল্পকাল পূর্বে সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে S_2 এবং S_1 S এমনভাবে লওয়া হইল যেন উভয়স্থানে সূর্যের “নতি” $S_2M_2 = SM_1$.

মনে ককন X নক্ষত্রটিব $R.A.$ নির্ণয় কবিত্তে হইবে। এখন $\gamma S_1 M_1$
এবং $\Omega M S$ ত্রিভুজ দুইটি সর্বসম এবং
 $\gamma M_1 = \Omega M$.



মার্চ মাসেব ২১ তারিখেব পন বহন সূর্য S_1 হানে আসে তখন
মেবিডিয়ান অভিক্রম কালেব জেনিথ দূরত্ব Z_1 নির্ণয় কবা যায়। মনে
ককন সূর্য এবং X -এব মেবিডিয়ান অভিক্রমেব সাইডেবিয়াল সময়েব
প্রভেদকে α_1 বাবা নির্দেশ কবা হইল। তাহা হইলে

$$\alpha_1 = X \text{ এবং সূর্যেব } R A \text{-এব প্রভেদ} \\ = M_1 N$$

মনে ককন স্থানীয অক্ষাংশ $= \phi$ এবং ঐ দিন দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি
 $= \delta_1$. তাহা হইলে

$$Z_1 = \phi - \delta_1 \text{ (সূর্য জেনিথেব দক্ষিণে মেবিডিয়ান অভিক্রম} \\ \text{কবিলে)}$$

আবার মনে ককন যে ২৩ সেপ্টেম্বের অমকাল পূর্বে কোন এক দিনে
সূর্যেব নতি $= \delta_1$ এখন S অবস্থানে দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি δ_1 নাও হইতে
পাবে। এইজন্ত আমবা পব পব দুইদিন সূর্যকে S_2 এবং S_3 অবস্থানে
লই যেন এই দুই স্থানে দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি যথাক্রমে δ_2 এবং δ_3 হয়।
মনে ককন $\delta_2 > \delta_1 > \delta_3$ । মনে ককন $\alpha_2 = M_2 N$, $\alpha_3 = M_3 N$. $\frac{n}{\theta}$

$$\text{এখন, } \frac{M_2 M_3}{M_2 M_3} = \frac{S_2 M_2 - S M}{S_2 M_2 - S_3 M_3} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$$

$$\text{অথবা, } M_2 M = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} M_2 M_3 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\text{কিন্তু, } \delta_2 = \varphi - Z_2, \delta_3 = \varphi - Z_3$$

(Z_2, Z_3 যথাক্রমে S_2 এবং S_3 অবস্থানে জেনিথ দূরত্ব)

$$MN = M_2 N - M_2 M$$

$$= \alpha_2 - \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\text{এখন } \gamma M_1 = \Omega M$$

$$\text{অথবা } \gamma N - M_1 N = MN - \Omega N$$

$$MN + M_1 N = \gamma N + \Omega N = 2\gamma N - 12^\circ$$

$$\text{অথবা } \gamma N = 6^\circ + \frac{1}{2} (MN + M_1 N)$$

$$\text{অথবা } \sigma = 6^\circ + \frac{1}{2} [\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_1)]^\circ$$

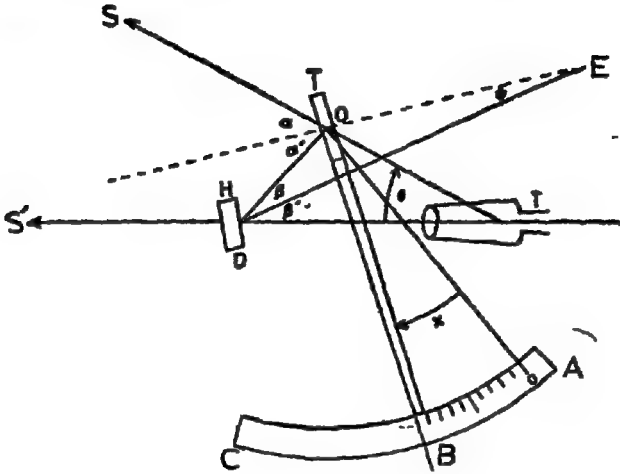
এখন α পাওয়া গেলে γ -এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়। আমবা উপবোক্ত সমীকরণে $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ -এর পরিবর্তে যথাক্রমে $\varphi - Z_1, \varphi - Z_2, \varphi - Z_3$ স্থাপন করিয়া লিখিতে পারি

$$\alpha = 6^\circ + \frac{1}{2} [\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{Z_1 - Z_2}{Z_3 - Z_2} (\alpha_2 - \alpha_1)]^\circ$$

১৪.৯. সেকস্ট্যান্ট (Sextant)

এই যন্ত্রটি সঙ্গে বহন করা যায় এবং ইহাব সাহায্যে নক্ষত্রের পৰ্য্যবেক্ষণে মধ্যে কোণিক ব্যবধান সহজেই নির্ণয় করা যায়। ইহা একটি ধাতব পদার্থের তৈয়ারী ক্রেন। ইহাব সহিত একটি দাগ কাটা স্বভাংশ জুড়িয়া দেওয়া হইয়াছে। স্বভাংশটি ABC দ্বারা নির্দেশ করা হইয়াছে। O বিন্দুতে লোহ কাঁটা OB যুক্ত করা হইয়াছে। ইহা ABC স্বভাংশের উপর দিয়া ইতস্ততঃ সরিয়া যাইতে পারে। O বিন্দুতে OB এর সহিত একটি আয়না I লাগানো আছে। আয়নাটিকে ABC এর সহিত লম্বভাবে রাখা হয়। আর একটি আয়না H যন্ত্রটির সহিত

যুক্ত করা হয়। ইহাও ABC-এব সহিত লম্বভাবে থাকে। ইহা সাধারণতঃ 60° কোণিক ব্যবস্থানে এবং একটি টেলিস্কোপের সহিত



সমবেতায় অবস্থান করে। যখন OB কাঁটাটি O° -তে থাকে তখন I এবং H সমান্তরাল থাকে। H কাচটির উপরে অর্ধেক পবিকাব এবং নীচের অর্ধেক আয়না।

একটি নক্ষত্রের উচ্চতা মাপিতে হইলে নিম্নে বর্ণিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়।

মনে করুন S একটি নক্ষত্রের অবস্থান। যন্ত্রটিকে খাড়াভাবে ধরুন এবং S-এব মধ্যদিশা য়ে খাড়া সমতল করনা করা যায় সেই সমতলে যন্ত্রটিকে আনয়ন করুন। এখন টেলিস্কোপটিকে ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল রাখিয়া আস্তে OB কাঁটাটি ঘুরাইতে থাকুন। অবশেষে এমন অবস্থায় আসিবে যখন নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব টেলিস্কোপে দেখা যাইবে। এখন IOB-কে শূন্য করিয়া ঐ অবস্থায় আটকাইয়া দিন। এখন S-এব “উন্নতি” (altitude) = $\angle STS'$ সহজেই পাওয়া যায়।

মনে ককন OE এবং DE যথাক্রমে I এবং H-এব উপর লম্ব।

অতএব $\alpha = \alpha'$ এবং $\beta = \beta'$.

OED এবং ODT ত্রিভুজ হইতে

$$\alpha' = \beta + \phi \text{ এবং } 2\alpha' = 2\beta + \theta$$

$$\therefore 2\beta + \theta = 2\beta + 2\phi \quad \therefore \theta = 2\phi.$$

অতএব নক্ষত্রটির I এবং H-এব লম্বরেখাযবের কোণিক ব্যবধানের
বিষয়। এছাড়া $\phi = x$.

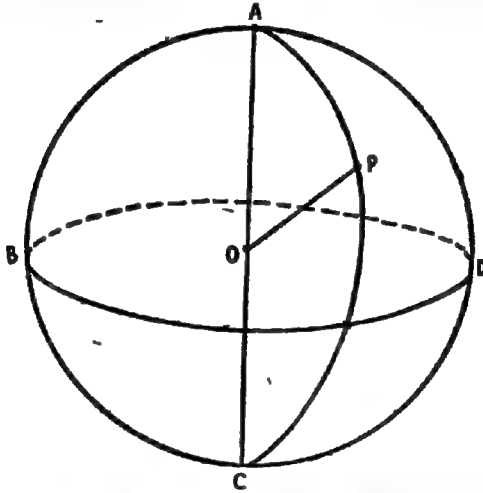
$$\therefore \theta = 2x.$$

পঞ্চদশ অধ্যায়

১৫.০. গোলকের জ্যামিতি (Geometry of a Sphere) -

১৫.০.১ নিদিষ্ট একটি বিন্দুকে কেন্দ্র কবিয়া যে-কোন নিদিষ্ট ব্যাসার্ধ লইয়া এমন একটি বক্রতল অঙ্কন করা হইল যেন বক্রতলের উপবিশ্ব প্রত্যেক বিন্দু হইতে কেন্দ্রের দূরত্ব ব্যাসার্ধের সমান। এই বক্রতলকে (surface) গোলক (sphere) বলে।

এখানে ABCD একটি গোলক, OP উহার ব্যাসার্ধ AOC উহার ব্যাস।

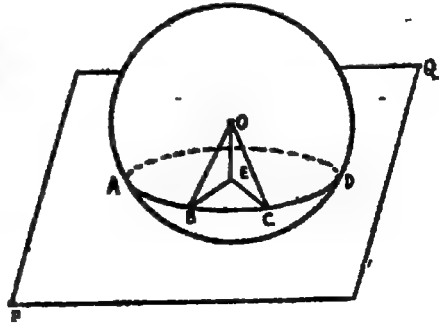


১৫.০.২ একটি সমতল একটি গোলককে একটি বৃত্তে ছেদ করিবে মনে করুন PQ একটি সমতল গোলককে ABCD বক্রবেখায় (Curve) ছেদ কবিয়াছে।

আমাদিগকে প্রমাণ কবিত হইবে যে, ABCD একটি বৃত্ত। মনে করুন OE, PQ সমতলের উপব লম্ব।

OB, OC, EB, EC
যোগ করুন।

$\triangle OEB$ এবং $\triangle OEC$
হইতে আমরা পাই



সমকোণ $\angle OEB = \angle OEC'$

OE সাধারণ বাহু।

OB = OC (গোলকের ব্যাসার্ধ)

$\triangle OEB \cong \triangle OEC$

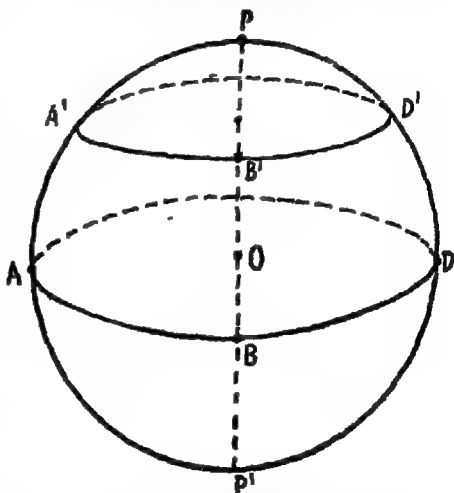
EB = EC

B, C-যে কোন দুইটি বিন্দু বলিয়া ABCD একটি বৃত্ত হইবে।

১৫০৩ মহাবৃত্ত, ছোট বৃত্ত, অক্ষরেখা এবং পোল (great circle, small circle, axis and poles,)

গোলকের কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল গোলকের উপর যে বৃত্তে ছেদ করিবে তাহাকে মহাবৃত্ত (great circle বলে। চিত্রে ABD একটি মহাবৃত্ত।

মহাবৃত্তের কেন্দ্র ও গোলকের কেন্দ্র একই বিন্দু। অত্যাশ্চর্য যে কোন সমতল গোলকের যে বৃত্তে ছেদ কবে তাহাকে ছোট বৃত্ত (small circle) বলে। $A' B' D'$ একটি ছোট বৃত্ত।



গোলকের উপর যে কোন বৃত্তের কেন্দ্র দিয়া

তলের সহিত লম্ব করিয়া যে রেখা টানা যায় তাহাকে অক্ষরেখা (axis) বলে (OP)। $P'P$ বিন্দুকে ABD মহাবৃত্তের পোল (pole) বলে।

নিম্নলিখিত নিয়মত্রিটি আশ্রয় সহজেই কথিতে পাবি :

(ক) একটি বৃত্তের অক্ষরেখা কেন্দ্র দিয়া যাইবে।

(খ) একই গোলকের উপর অঙ্কিত সকল মহাবৃত্তের ব্যাস সর্বদাই সমান।

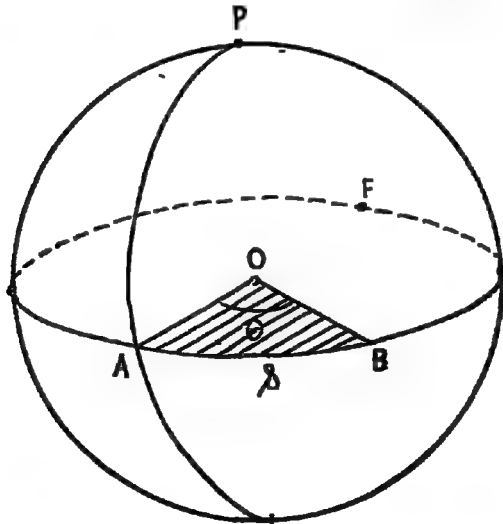
(গ) যে কোন দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে বিখণ্ডিত করিবে।

(ঘ) প্রত্যেক মহাবৃত্ত গোলককে বিখণ্ডিত করিবে।

- (ঙ) গোলকের উপবিশ্ব যে কোন তিনটি বিন্দুর মধ্য দিয়া একটি মাত্র বৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (চ) যদি একই ব্যাসের উপর অবস্থিত নয় এমন দুইটি বিন্দু গোলকের উপর লওয়া হয় তাহা হইলে এই দুইটি বিন্দুর মধ্য দিয়া কেবলমাত্র একটি মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (ছ) একটি ব্যাসের প্রান্তবিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া অসংখ্য মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (জ) গোলক সর্বতোভাবে প্রতিসাম্য। কারণ ইহা কেন্দ্র, ব্যাস এবং কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল বরাবর প্রতিসাম্য।

১৫০৪. গোলকের উপবিশ্ব যে-কোন দুইটি বিন্দুকে যতগুলি বক্ররেখা দ্বারা যোগ করা যায় তন্মধ্যে বিন্দুদ্বয়গামী মহাবৃত্তের জুড়ান্বেষণের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা কম।

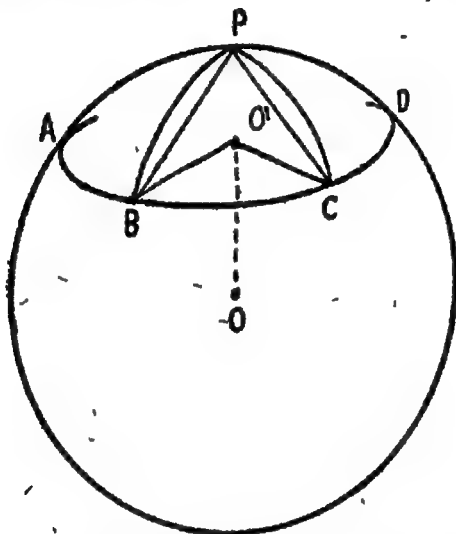
মনে করুন গোলকের উপর A, B যে কোন দুইটি বিন্দু এবং O



গোলকটির কেন্দ্র। মহাবৃত্তংশ AB , AFB অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

যদি $s=AB$ তাহা হইলে $s=r\theta$

১৫.০.৫. গোলকের উপর একটি বৃত্ত লওয়া হইলে এই বৃত্তের যে কোন পোল হইতে বৃত্তের পরিসীমার উপর যে-কোন বিন্দুর কোণিক দূরত্বকে গোলাকার ব্যাসার্ধ (spherical) বলে।



মনে করুন ABCD একটি ছোট বৃত্ত এবং O' উহাৰ কেন্দ্র। PB, PC, যথাক্রমে B এবং C বিন্দু হইতে P-এর গোলাকার দূরত্ব (spherical distance)। O'B, O'C যোগ করুন।

PO'B, PO'C ত্রিভুজ দুইটিতে

PO সাধারণ বাহু

O'B = O'C

$$\angle PO'B = \angle PO'C = \frac{\pi}{2}$$

$$\therefore PB = PC$$

অতএব $\angle PB = \angle PC$ = গোলাকার দূরত্ব।

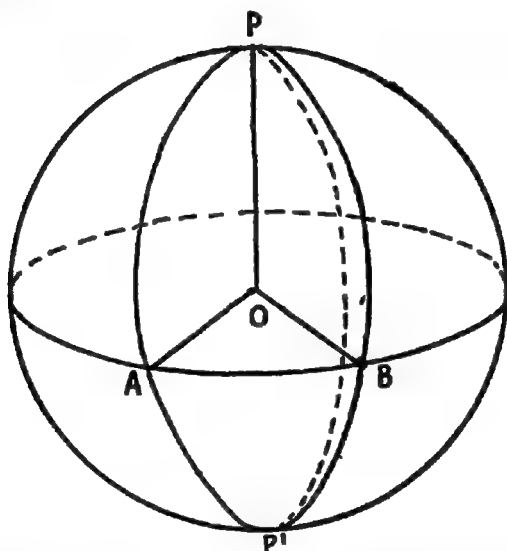
১৫.০.৬. আরোহী বৃত্ত (Secondary)

একটি মহাবৃত্তের পোল দুইটির মধ্য দিয়া যে সমস্ত মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায় তাহাদিগকে "আরোহী বৃত্ত" (Secondaries) বলে। চিত্রে

PAP' , PBP' প্রভৃতি AB মহাবৃত্তের আবোহী বৃত্ত। $\angle AOB$ -কে PAP' , PBP' আবোহী বৃত্ত মধ্যস্থ কোণ (spherical angle) বলে।

১৫০৭. দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে ছেদ করিলে উহাদের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ

(১) ছেদ বিন্দুতে বৃত্ত দুইটির উপর অঙ্কিত স্পর্শকের মধ্যস্থিত কোণ অথবা



(২) যে মহাবৃত্তের উপর বৃত্ত দুইটি আবোহী হইবে তাহার উপর বর্ণিত বৃত্তাংশ অথবা

(৩) বৃত্ত দুইটির পোলমধ্যস্থ কোণ দ্বারা নির্দিষ্ট হয়।

প্রমাণ

(১) মনে করুন PAP' , PBP' দুইটি মহাবৃত্ত, O উহাদের কেন্দ্র এবং উহারা P, P' বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। মনে করুন উভয় মহাবৃত্তই ABC মহাবৃত্তের আবোহী (Secondary)। OA, OB বৃত্ত করুন। মনে করুন PL, PM মহাবৃত্তের উপরে স্পর্শক। যেহেতু PL এবং PM যথাক্রমে OA এবং OB -এর সমান্তরাল,

(৩) মনে করুন P, Z বিন্দু দুইটি যথাক্রমে QWQ^1 এবং NWS মহাবৃত্তের পোল। মনে করুন O গোলকের কেন্দ্র। OP, OZ, OQ, OS যোগ করুন।

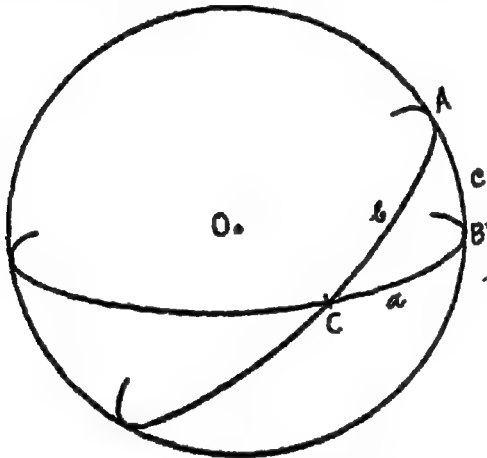
নির্ণয় কোণ $= \angle QOS$ ।

কিন্তু $\angle POQ = \frac{\pi}{2}, \angle ZOS = \frac{\pi}{2}$ ।

অতএব $\angle POZ = \angle QOS = \angle SWQ$ (গোলকীয় কোণ)।

১৫.০৮. গোলকীয় ত্রিভুজ (spherical triangle)

গোলকের উপরে যে কোন তিনটি মহাবৃত্ত লইলে তাহাদের পরস্পর ছেদবিন্দুগুলি লইয়া আমরা যে বেখাটির পাই তাহাকে “গোলকীয়



ত্রিভুজ’ (spherical triangle) বলে। চিত্রে ABC একটি গোলকীয়

ত্রিভুজ এবং $\widehat{AB}, \widehat{BC}, \widehat{CA}$ তিনটি মহাবৃত্তের অংশ। একটি গোলকীয় ত্রিভুজের তিনটি কোণ এবং তিনটি বাহু আছে।

গোলকীয় ত্রিভুজের প্রধান কয়েকটি ধর্ম:

(১) যে কোন দুইটি বাহুর যোগফল তৃতীয় বাহু অপেক্ষা বৃহত্তর;

- (২) ত্রিভুজের তিনটি কোণের যোগফল π রেডিয়ান হইতে বেশী এবং 3π রেডিয়ান হইতে কম,
 (৩) ত্রিভুজের বাহু এবং কোণের প্রত্যেককে “কোণের এককে” প্রকাশ করা হয় এবং
 (৪) গোলকের ব্যাসার্ধকে 1 একক ধরা হয়।

১৫.০.৯. কয়েকটি সূত্র

আমরা নিম্নে প্রমাণ ছাড়া কয়েকটি সূত্র উদ্ধৃত কবিয়া দিলাম।

(১) cosine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

(২) sine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

(৩) “চার রাশি” সূত্র

$$-\cos a \cos B = \sin a \cot c - \sin B \cot C$$

অর্থাৎ \cos (অন্তর বাহু) $\times \cos$ (অন্তর কোণ) = \sin (অন্তর বাহু) $\times \cot$ (অপর বাহু) - \sin (অন্তর কোণ) \cot (অপর কোণ)।

(৪) cosine সূত্রের অনুরূপ সূত্র

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A$$

$$\sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B$$

$$\sin b \cos A = \cos a \sin c - \sin a \cos c \cos B$$

$$\sin c \cos A = \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C$$

$$\sin c \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C$$

(৫) tangent সূত্র

যদি $2s = a + b + c$, তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} \tan \frac{A}{2} &= \frac{k}{\sin(s-a)} \\ \tan \frac{B}{2} &= \frac{k}{\sin(s-b)} \\ \tan \frac{C}{2} &= \frac{k}{\sin(s-c)} \end{aligned} \right\} k = \sqrt{\frac{\sin(s-a)\sin(s-b)\sin(s-c)}{\sin s}} = \tan r.$$

(৬) cotangent সূত্র

যদি $2S = A + B + C$, তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} \cot \frac{a}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-A)} \\ \cot \frac{b}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-B)} \\ \cot \frac{c}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-C)} \end{aligned} \right\} k^1 = \sqrt{\frac{\cos(S-A)\cos(S-B)\cos(S-C)}{-\cos S}} = \frac{1}{\tan R}$$

(৭) Napier-এব অনুরূপ সূত্র

$$\tan \frac{1}{2}(a-b) = \frac{\sin \frac{1}{2}(A-B)}{\sin \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c$$

$$\tan \frac{1}{2}(a+b) = \frac{\cos \frac{1}{2}(A-B)}{\cos \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c,$$

$$\tan \frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}c.$$

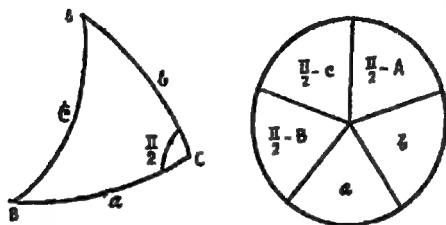
$$\text{এবং } \tan \frac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}c$$

(৮) সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজের সমাধান (Solution of right spherical triangle)

\sin (মধ্যাংশ) = পার্শ্বভী অংশের tangent-এব গুণফল।

\sin (মধ্যাংশ) = বিপরীত অংশের Cosine-এব গুণফল।

অর্থ : সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজ ABC-তে মনে করুন যে, $C = \frac{\pi}{2}$ । তাহা হইলে বৃত্তাংশগুলি যথাক্রমে : $a, b, \frac{\pi}{2} - A, \frac{\pi}{2} - c$



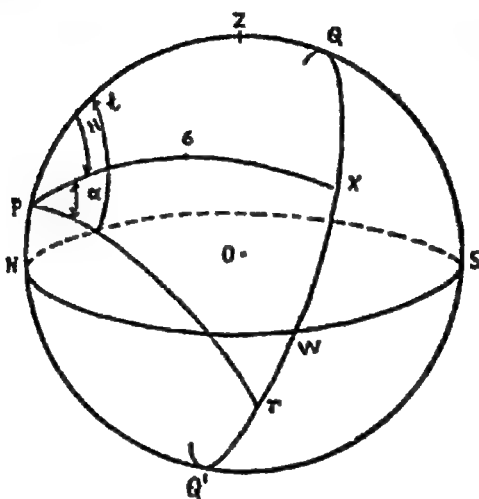
$\frac{\pi}{2} - B$ (Cকে বাদ দিয়া)। এখন এই পাঁচটি বাণিব যে কোনটিকে মধ্যাংশ ধরিয়া উহাব উভয় পার্শ্বের অংশকে মধ্যবর্তী অংশ এবং অপব দুই অংশকে বিপরীতাংশ বলা হয়। এইভাবে উপবোক্ত Napier এর নিয়মানুসারে আমবা মোট 10টি সূত্র লিখিতে পারি।

১৫.১ জ্যোতিষের অবস্থান নির্ণয়মূলক কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.১.১. মহাবিশ্বের কৌণিক কাল (Hour angle) t , জ্যোতিষের রাইট অ্যাসেনশন এবং উহাব কৌণিক কালের মধ্যে সম্বন্ধ

মনে কবি পর্যবেক্ষণকারীর অবস্থান O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া ঐ স্থানের মহাগোলক অঙ্কন করা হইল। মহাবৃত্তসমূহ N W S, Q W Q' এবং N P Z S যথাক্রমে ঐ স্থানের দিগন্ত বেধা, বিষুববেধা এবং মেরিডিয়ান বেধা নির্দেশ করিতেছে। মনে করুন σ একটি জ্যোতিষের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। P বিন্দু ঐ বিন্দুর স্থান এবং γ বিন্দু মহাবিশ্বের স্থান নির্দেশ করিতেছে। PoX এবং Py উভয়েই বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশ।

চি- হাইটে সফট্‌ই বুম। "নান যে মহানিদ্রাব্র কোণিক দান"
 $\angle ZP \gamma$ এবং $\angle \alpha$ কোণিক দান। $\angle ZP \delta$ এবং $\angle \alpha$ ব্রাইট অ্যাসেন-
 "ন। $\angle \alpha P \gamma$



$$\angle ZPQ = \angle ZPR + \angle RPQ$$

अर्थात्. १. ११-४ ७

दस्ता, H-1-8

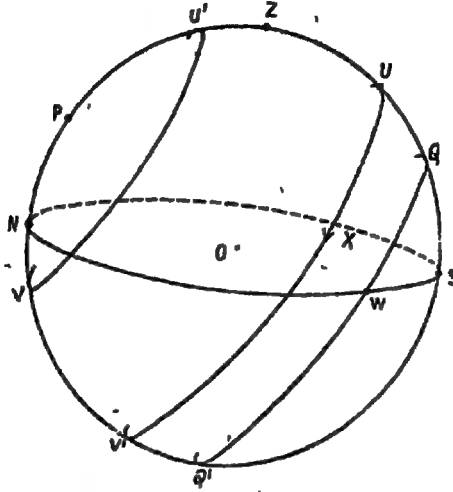
अथवा, अतः॥

স্বত্ব্য : একটি টোয়ালিট যদি কোন মুহুর্তে এক দ্বানেন মেমিভিনা-
 নেন উপর অবস্থান ধনে, তাহা হইলে 11-0 হইবে একা উদ্বান লাইট
 অ্যাসেনশন উদ্বান সাইডেকানাল সন। এন সনান হইবে ।

১৫.১২ নতি δ (declination), অক্ষাংশ ϕ (latitude) এবং জেনিথ দূরত্ব Z -এর মধ্যে সম্পর্ক

মনে করুন NPZS একদল পর্যবেক্ষকের স্থানীয় মেগিডিয়ান বস
এবং θ ঐ স্থানের অক্ষাংশ। মনে করুন U জ্যোতিষ কোন মনুর্ভে

মেরিডিয়ান বৃত্ত অতিক্রম করিতেছে। QWQ^1 যদি বিষুব বৃত্ত হয় তাহা হইলে $QZ = \phi$, $UZ = Z$ এবং $QU = \delta$



অতএব, $QZ = QU + UZ$

অথবা, $\phi = \delta + Z$

অথবা, $Z = \phi - \delta$

অথবা, $\delta = \phi - Z$

তেমনি U' যদি জ্যোতিষের মেরিডিয়ানে অবস্থান হয় তাহা হইলে $QU' = \delta$, $ZU' = Z$, $QZ = \phi$

হইতে আমরা পাই

$$QU' = ZU' + QZ$$

অথবা, $\delta = Z + \phi$

অথবা, $Z = \delta - \phi$

অথবা, $\phi = \delta - Z$

মন্তব্য : একটি জ্যোতিষ জেনিথের উত্তরে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিলে $\delta > \phi$ এবং দক্ষিণে অতিক্রম করিলে $\delta < \phi$ হইবে।

উদাহরণ-১। কোন স্থানের আকাশে এর নক্ষত্রের জেনিথ হইতে দূরত্ব 60° হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত?

মনে করুন ঐ স্থানের অক্ষাংশ = ϕ

তেনিথ দূরত্ব = $90^\circ - \phi$.

অতএব $90 - \phi = 60^\circ$

$\phi = 30^\circ$

উদাহরণ ২। একটি স্থানে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেনশন 22 ঘণ্টা 54 মিনিট। ঐ স্থানের স্থানীয় কৌণিক কাল 10 ঘণ্টা 40 মিনিট হইলে উহা সাইডেবিমান সমন্বয় কত নির্ণয় করুন।

এখানে $t = \alpha + H$

স্বা সমন্বয় -22 ঘ. 54 মি. + 10 ঘ. 40 মি.

$= 33$ ঘ. 34 মি.

$= 9$ ঘ. 31 মি. (24 ঘণ্টা নাম দিয়া)

উদাহরণ ৩। একটি সাইডেবিমান সমন্বয় = 8 ঘ. 12 মি. এবং স্থানীয় কৌণিক কাল 15 ঘ. 46 মি হইলে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেনশন কত হইবে তাহা নির্ণয় করুন।

এখানে $t = \alpha + H$

$\alpha = t - H = 8$ ঘ. 12 মি. $- 15$ ঘ. 46 মি. $+ 24$ ঘ.

$= 16$ ঘ. 26 মি

উদাহরণ ৪। $22^\circ 35'$ উত্তর অক্ষাংশে একজন পর্যবেক্ষক একটি জ্যোতিষকে তেনিথে দেখিতে পাইলেন। ঐ জ্যোতিষের বিষুব সমতল উপর 'নতি' (declination) কত?

মনে করুন জ্যোতিষের নতি = δ .

এখানে $\phi = 22^\circ 35'$ এবং $Z = 0^\circ$

অতএব $\phi = \delta + Z$ সত্য হইতে আসিয়া পাই,

$\delta = \phi - Z = 22^\circ 35'$

উদাহরণ ৫। ভোগা নক্ষত্রের নতি $38^\circ 44'$ যে স্থানের অক্ষাংশ $23^\circ 28'$ উত্তর সেই স্থানে ঐ নক্ষত্রের মেমিডিবান অভিজ্ঞম কবিবান সমন্বয় মেমিডিবান উচ্চতা কত?

যদি মেডিউসার উচ্চতা $= a$ হয় তাহা হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব

$$Z = 90^\circ - \delta \text{ হইবে এবং যেহেতু } \delta > \phi,$$

$$\therefore Z = \delta - \phi = 38^\circ 44' - 23^\circ 28' \\ = 15^\circ 16'$$

$$\therefore a = 90^\circ - 15^\circ 16'$$

$$= 74^\circ 44'$$

উদাহরণ ৬। Sirius নক্ষত্রের নতি $-16^\circ 38'$ এবং ইহার জেনিথ হইতে দূরত্ব $39^\circ 13'$ ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত?

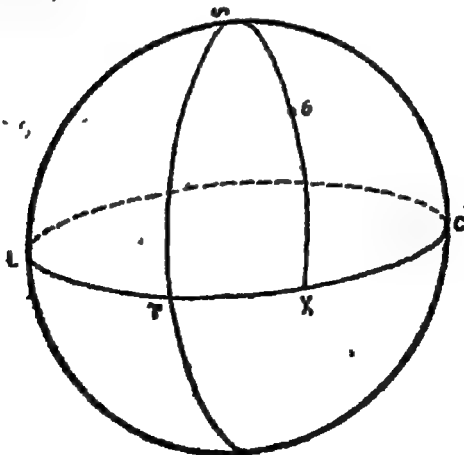
এখানে $\phi = Z + \delta$ হইতে আমরা পাই

$$\phi = 39^\circ 13' - 16^\circ 38'$$

$$= 22^\circ 35' \text{ উত্তর।}$$

১৫২. মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশ (Celestial longitude, celestial latitude) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

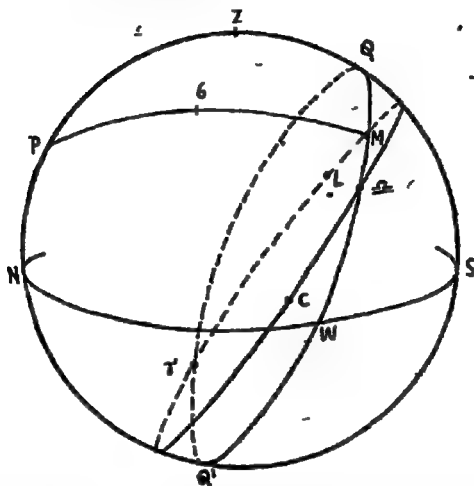
১৫২.১. মহাবিবুকে প্রাথমিক বিন্দু (origin) এক্ষিপটিকে এবং উহার উপর মহাবিবু বিন্দু মধ্য দিয়া অঙ্কিত মহাবৃত্তকে মূল বৃত্ত ধরিয়া কোন জ্যোতিষের অবস্থান নির্ণয় করিতে আমরা মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশের ব্যবহার করি।



মনে ককন $LyXC$ এক্সিগটিক এবং σ একটি জ্যোতির্বেব অবস্থান
সুচনা কবিতেকে। এখানে

$$\gamma X = \text{अक्षद्विगुण} = \lambda$$

$$X_0 = \text{ग्रहाकारण} = \beta.$$



উদাহরণ ৭। ঢাকা (অক্ষাংশ = $3^{\circ}0'$ উঃ) অবস্থানকারী একজন পর্যবেক্ষক ১৯৭০ সালের ১৫ জুলাই তারিখে বিকাল ৬ ঘটিকার সময় সূর্যকে এবং একটি জ্যোতিষকে (বাইট অ্যাং = -14° বা $13'$ মি. এবং নতি = $19^{\circ}25'$) আকাশে কোন অবস্থানে দেখিবেন তাহাব একটি চিত্র অঙ্কন করুন।

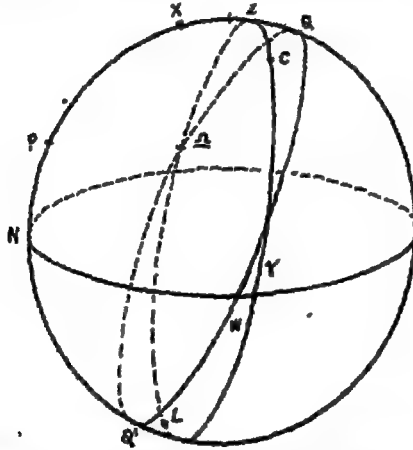
প্রথমে আমবা দিগন্তবেধা এবং মেৰিডিয়ান অঙ্কন কৰি। তাৰপৰা
 PN-30° উত্তৰে P-এৰ অবস্থান স্থিৰ কৰি। 15 জুলাই তাৰিখে
 সূৰ্যৰে বা অগ্ন্যঃ-113°45' (দ্বিপ্রহৰে) এবং সন্ধ্যা 6 টাৰ উহাৰ কোণিক
 কাল=6×15°-90°.

সুতরাং $t = \alpha + H$
 $= 113^\circ 45' + 90^\circ$
 $= 203^\circ 45'$

অতএব আমরা বিম্ব বস্ত ববাবব মেবিডিৰ্যান হইতে পশ্চিমদিকে
 $203^{\circ}45'$ মাপিবা ভাবনাল ইকুইনস γ এব স্থান নির্ণব কবিত্তে পাবিলাম।
 γ হইতে 180° ডিগ্রী দূবে Ω -এর স্থান নির্ণব কবিলাম। এখানে $\Omega\Omega=$

$203^{\circ}45' - 180^{\circ} = 23^{\circ}45'$ এখন এরিপটিক সহজেই অঙ্কন করা যায়।
যেহেতু 14 ব. 13 মি. $= 213^{\circ}15'$ অতএব বিবৃব বৃত্তের উপর $Q'M = 213^{\circ}15'$ দূরে M বিন্দু লইলাম। PM মহাবৃত্তাংশ অঙ্কন করিয়া $6M = 19^{\circ}25'$ দূরে O-এর অবস্থান নির্ণয় করিলাম। সূর্যের অবস্থান L দ্বারা এরিপটিকের উপর $203^{\circ}45'$ হইতে দূরে নির্দেশিত হইবে।

উদাহরণ ৮। $22^{\circ}35'$ উঃ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন একটি স্থানের আকাশে একটি নক্ষত্র সন্ধ্যা 7 ঘটিকার মেরিডিয়ান অতিক্রম করে। নক্ষত্রটির গতি $45^{\circ}56'$ এবং নাঃ অক্ষাংশ 5 ব. 12 মি হইলে বৎসরের কোন সময়ে ইহা সম্ভব হইবে তাহা নির্ণয় করুন।



মেরিডিয়ান অঙ্কন করার পর $PN = 22^{\circ}35'$ কাটয়া লই। QQ' বিবৃববৃত্ত। গনে করুন সন্ধ্যা 7 ঘটিকার নক্ষত্রটির অবস্থান X. যেহেতু X-এর নতি $= 45^{\circ}56'$, অতএব মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়

$$t = \alpha + H = \alpha = 5 \text{ ব. } 12 \text{ মি.}$$

$$t = 78^{\circ}$$

অতএব $QY = 78^{\circ}$ মাপিয়া লইলে ভারনাল ইকুইনক্স Y-এর অবস্থান জানিতে পারি। এখন এরিপটিক অঙ্কন করিয়া সূর্যের কোণিক কাল 7 ঘটিকার সময় $7 \times 15 = 105^{\circ}$ হইতে উহান রা. অক্ষাংশ (R.A.) $= 78^{\circ} - 105^{\circ} = -27^{\circ} = +333^{\circ}$ পাওয়া যায়। কিন্তু 22 ডিসেম্বর তারিখে

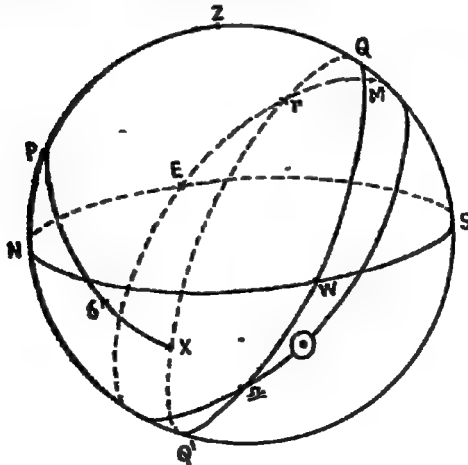
$R.A = 270^\circ$ এবং $333 - 270 = 63$ দিন পৰ্ব অৰ্থাৎ ২৩ ফেব্ৰুৱাৰীতে সূৰ্যৰ $R.A = 333^\circ$ হইবে। অতএব নক্ষট্ৰ মেৰিডিয়ান অতিক্ৰম কৰিবাৰ দিন ছিল ২৩ ফেব্ৰুৱাৰী।

১৫.২.২. চন্দ্ৰৰ কক্ষপথ এক্সিপট্ৰিক্ৰেৰ সান্নে $5^\circ 9'$ কোণে অবস্থিত হইলেও আমৱা যদি ধৰিয়া লই যে চন্দ্ৰ এক্সিপট্ৰিক্ৰেৰ উপৰ পৰিলম্বণ কৰে তাহা হইলে

- (১) চন্দ্ৰ সূৰ্য হইতে প্ৰতিদিন 12.2° পূৰ্বদিকে সৰিয়া যায়,
- (২) অমাবস্তাৰ সময় চন্দ্ৰ এবং সূৰ্য একই মহাদ্ৰাঘিমাৰ অবস্থিত ;
- (৩) পূৰ্ণিমাৰ সময় চন্দ্ৰ এবং সূৰ্যৰ মহাদ্ৰাঘিমাৰ পাৰ্থক্য 180° হয় ;
- (৪) চন্দ্ৰৰ বয়স x দিন হইলে উহাৰ মহাদ্ৰাঘিমা = সূৰ্যৰ মহাদ্ৰাঘিমা $+ 12.2x$.

উদাহৰণ ৯। $26^\circ 11'$ উত্তৰ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানেৰ আকাশে ১০ অক্টোবৰে সন্ধ্যা ৪ ঘটিকাৰ সময় ১০ দিন বয়সেৰ চন্দ্ৰ, সূৰ্য এবং একট নক্ষত্ৰেৰ ($\alpha = 5$ ঘ. ৫৮ মি, $\delta = 7^\circ 23'$) অবস্থান চিত্ৰেৰ সাহায্যে নিৰ্দেশ কৰন। বয়সেৰ কখন নক্ষত্ৰট এ সময়, এ স্থানে মেৰিডিয়ান অতিক্ৰম কৰিবে ?

প্ৰথমে আমবা এ স্থানেৰ মেৰিডিয়ান বৃত্তট অঙ্কন কৰিয়া উহাৰ উপৰে দিগন্তৰেখা এবং বিষুব বৃত্ত অঙ্কন কৰি।



PN=26°11' লইয়া P বিন্দু নির্দেশ কবিলাম। সন্ধ্যা ৪ ঘটিকায় সূর্যের কোণিক কালের পরিমাণ $8 \times 15 = 120^\circ$ আবার যেহেতু 23 সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্যের R. A.=180°, অতএব 10 অক্টোবরে সূর্যের R. A.=180°+17°=197°

$$\begin{aligned} \text{যেহেতু, } t &= \sigma + H \\ &= 197^\circ + 120^\circ \\ &= 317^\circ. \end{aligned}$$

অতএব সূর্যের অবস্থান এবং মহাবিন্দু-ব-ব অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব হইল। ইহা হইতে Ω -এব অবস্থান নির্ণয় কবিলাম। এখন যেহেতু 10 দিনের চন্দ্রের সূর্য হইতে কোণিক দূরত্ব প্রায় $12.2 \times 10 = 122^\circ$ এক্সিপটকেব উপর 122° দূবে M চন্দ্রের অবস্থান নির্ণয় কবিতেছে।
 ৩ ঘণ্টা সূর্যের অবস্থান নির্দেশ করা হইয়াছে। আবার 5 ঘ 52 মিনি.=88°. অতএব বিশ্ব বৃত্তের উপর $\gamma X = 88^\circ$ লইয়া, PX বৃত্তাংশ অঙ্কন করিয়া $X\sigma = 7^\circ 23'$ লইলে σ নক্ষত্রটির অবস্থান নির্দেশ কবিবে। নক্ষত্রটি যখন মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিবে তখন সাইডেগ্লিভাল সমন $t = \sigma = 5$ ঘ. 52 মিনি.=86° সন্ধ্যা ৪ ঘটিকায় সূর্যের কোণিক কাল = $8 \times 15 = 120^\circ$

$$\text{অতএব সূর্যের R. A.} = 88 - 120^\circ = 328^\circ$$

$$\text{ডিসেম্বর মাসের 22 তারিখে সূর্যের R. A.} = 270^\circ$$

$$\text{অতএব 18 ফেব্রুয়ারী } = 328^\circ।$$

18 ফেব্রুয়ারী নির্ণয় সমন।

প্রশ্নমালা- ১১

১। যদি একটি জ্যোতিষ কোন স্থানের আকাশে 20 এপ্রিলে সন্ধ্যা ৪ টার সময় মেবিডিয়ান অতিক্রম করে তাহা হইলে 30 এপ্রিল, 1 জুন এবং 30 সেপ্টেম্বর তারিখে কখন কখন উহা মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিবে?

২। একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা (altitude) 36° হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব কত ?

৩। একটি নক্ষত্রের জেনিথ দূরত্ব 54° হইলে উহার উচ্চতা কত ?

৪। যে স্থানে মহাদিগন্ত (ক) মহাদিক্রান্তের সহিত এবং (খ) Prime vertical-এর সহিত মিলিয়া যায় সেই স্থানের অক্ষাংশ কত ?

৫। একটি জ্যোতিষ্কের নতি $\delta = 7^\circ 23'$ হইলে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় চাকা ($\phi = 30^\circ$) ও কলিকাতায় ($\phi = 22^\circ 35'$) উহার উচ্চতা কত হইবে ?

৬। যথাক্রমে 30° , $28^\circ 38'$, $26^\circ 11'$, $22^\circ 35'$ অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহে ভেগা (vega) নক্ষত্রের ($\delta = 38^\circ 43'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় উচ্চতা কত হইবে ?

৭। একটি নক্ষত্রের R. A. = 4 ঘ 32 মি.। কোন একটি স্থানের স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময় 7 ঘ. 28 মি. এবং সময় ঐ নক্ষত্রের কৌণিক কাল কত হইবে ?

৮। গ্রীনউইচের (Greenwich-এর) সাইডেরিয়াল সময় যখন 7 ঘ 28 মি. 44 সে. তখন $-97^\circ 30'$ দ্রাঘিমা অবস্থিত স্থানের সাইডেরিয়াল সময় কত ?

৯। α -Bootis নামক নক্ষত্রের R A = 14 ঘ 13 মি. এবং কোন স্থানের (দ্রাঘিমা -77°) সাইডেরিয়াল সময় 14 ঘ. 32 মি. হইলে নক্ষত্রটির Greenwich-এ কৌণিক কাল কত হইবে ?

১০। উর্ষা এবং নির মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা যথাক্রমে $37^\circ 8'$ এবং $8^\circ 2'$ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত ?

১১। একটি নক্ষত্রের নতি $-28^\circ 54'$, $16^\circ 45'$ উত্তর এবং $22^\circ 35'$ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত স্থানসমূহে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় উহার জেনিথ দূরত্ব কত হইবে ?

১২। কোন স্থানের মহাঅক্ষাংশ একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া দিগন্ত বৃত্ত, বিষুববৃত্ত এবং একটি জ্যোতিষ্কের নতি, R.A. এবং কৌণিক কাল নির্দেশ করিল।

১০। এরিপিটিক, মহাদ্বাঘিমা এবং মহাষ্কাংশ বর্ণনা ককন। প্রমাণ ককন যে, কোন স্থানে ঐ নক্ষত্রের উচ্চতা ঐ স্থানের অক্ষাংশের সমান এবং একটি নক্ষত্রের উচ্চতা, মেরিডিয়ানে অবস্থান কালে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ হইবে। ২১ মার্চ তারিখে সূর্যোদয়ের সময় সূর্যের কৌণিক কাল কত?

১৪। যদি একটি নক্ষত্র অস্ত্র রাত্রি ১১ টায় মেরিডিয়ান অতিক্রম কবে তাহা হইলে (১) আগামীকাল্য রাত্রিতে কোন সময় এবং (১১) ১৫ দিন পর কোন সময় উহা আবার মেরিডিয়ান অতিক্রম কবিবে?

১৫। বৃহত্তম দিনে (সূর্যের নতি ঐ দিনে $\delta = 23^\circ 27'$) কোন এক স্থানে সূর্যের জেনিথ দূরত্ব $49^\circ 3'$ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ এবং মধ্যরাত্রিতে সূর্যের উচ্চতা কত হইবে তাহা নির্ণয় ককন।

১৬। $\phi = 25^\circ 20'$ উত্তর অক্ষাংশের কোন স্থানের আকাশে Sirius নক্ষত্রের ($\delta = -16^\circ 38'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম কালে উচ্চতা কত তাহা নির্ণয় ককন।

উষ্ণ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম কবির সময় একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে $79^\circ 25'$ এবং $23^\circ 35'$ হইলে নক্ষত্রটির নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত তাহা নির্ণয় ককন।

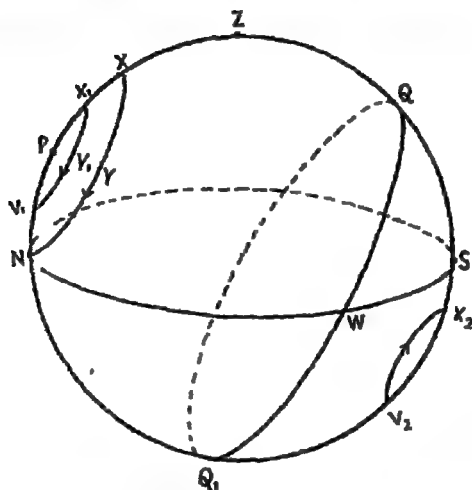
১৭। $\phi = 55^\circ 45'$ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানে ১৯৭০ খ্রিস্টাব্দের ২০ জুলাই রাত্রি ১০ ঘটিকার সময়ের আকাশে সূর্য, ৫ দিনের চন্দ্র, জুপিটার ($\alpha = 22$ ঘ. ৩৬ মিনি., $\delta = 10^\circ 12'$) এবং ক্যাপেলা নক্ষত্রের ($\alpha = 5$ ঘ. ১২ মিনি., $\delta = 45^\circ 56'$) অবস্থান দেখাইয়া একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন ককন।

১৮। ১৯৭০ খ্রিস্টাব্দের ১০ মার্চ তারিখে রাত্রি ৯ ঘটিকার সময় 30° অক্ষাংশস্থিত স্থানের আকাশে সূর্য, ২ দিনের চন্দ্র, শনি-গ্রহ ($\alpha = 12$ ঘ. ৯ মিনি., $\delta = 1^\circ 26'$), Aldebaran ($\alpha = 4$ ঘ. ৩৩ মিনি.; $\delta = 16^\circ 24'$) নক্ষত্রের অবস্থান দেখাইয়া একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন ককন।

১৫ ও পৃথিবীর আঙ্গিক এবং বার্ষিক গতি সম্বলিত সমস্তাবলী

১৫ ও ১০ যে-কোন স্থানে নক্ষত্রের অন্তঃগামী না হইবার শর্ত

মনে করুন NPZ, NWS এবং QWQ' যথাক্রমে পৃথিবীর পৃষ্ঠা-কাঠামো, দিগন্তবেধা ও মহাবিশ্বের বৃত্ত নির্দেশ করিতেছে :



P, N, W, S এবং Z বিন্দুগুলি দ্বারা তাহাদের স্বকীয় অর্থপূর্ণ বিন্দুগুলি বুঝাইয়াছে। মনে করুন XYN, এবং তাহাকে বেটনকারী কোন একটি নক্ষত্রের সমন্বয় এবং উহা-ব নতি δ । যদি নক্ষত্রটি অন্তঃগামী না হয় অর্থাৎ কখনই অন্ত না যায় তাহা হইলে উহা-ব সমন্বয় সর্বদাই দিগন্তবেধা-ব উপরে অবস্থান করিবে বা দিগন্তবেধাকে স্পর্শ করিবার থাকিবে। অতএব সকল কৌণিক কালেই উহা দিগন্ত-বৃত্তের উপরে থাকিবে। এখন যে নক্ষত্রের নতি $=\delta$, তাহা-ব এবং নক্ষত্র হইতে দূরত্ব $=90^\circ - \delta = PX = PN$.

অতএব কোন নক্ষত্র যদি এবং নক্ষত্রকে বেটন করে এবং সেই সঙ্গে অন্ত না যায় তাহা হইলে

$$90^\circ - \delta \leq PN$$

কিন্তু $PN = \phi$ বলিয়া আমরা পাই

$$90^\circ - \delta \leq \phi.$$

$$\text{অথবা } 90^\circ - \phi \leq \delta.$$

অতএব নির্ণেয় শর্তটি হইল এই যে

কোন স্থানের আকাশে ঐ নক্ষত্রকে যেটুকু নক্ষত্রের নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশের যোগফল 90° অপেক্ষা বেশী হইলে নক্ষত্রটি কখনই অস্ত যাইবে না।

উদাহরণ ১০। 50° উঃ অক্ষাংশের কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের নতি 45° হইলে নক্ষত্রটি কি অস্ত যাইবে?

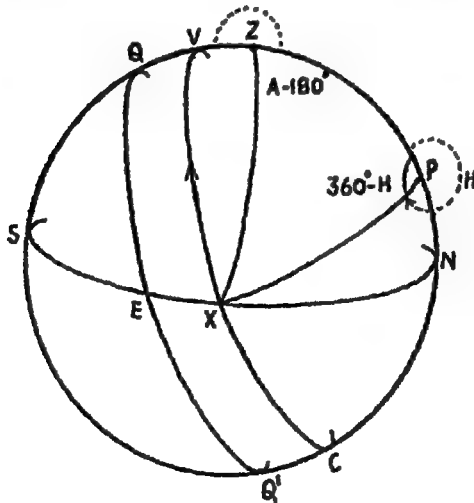
$$\text{এখানে } 50^\circ + 45^\circ = 95^\circ$$

অতএব নক্ষত্রটি অস্ত যাইবে না।

১৫.৩.২. কোন এক স্থানে উদয়ান্তের সময় সূর্যের কোণিক কাল এবং এযিমুথ (azimuth) নির্ণয়

(a) উদয়কাল

মনে করুন ϕ অক্ষাংশে CXV দ্বারা সূর্যের আপেক্ষিক প্রয়োগপথ নির্দেশ করা হইল।



মনে করুন সূর্যোদয়ের সময় X অবস্থানে আছে (কোন একটি নির্দিষ্ট দিনে)। ZX, PX যথাক্রমে দিগন্ত বৃত্ত এবং বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তের অংশ। মনে করুন A এবং H যথাক্রমে X-এর এলিমেন্ট এবং কোণিক কাল। চিত্র হইতে আমরা পাই যে

$$\angle XZP = A - 180^\circ$$

$$\angle ZPX = 360^\circ - H$$

$$ZX = 90^\circ, \quad PX = 90^\circ - \delta,$$

$$\delta = \text{নতি।}$$

$$PZ = 90^\circ - \phi.$$

PZX ত্রিভুজ হইতে আমরা Trigonometry-এর সাহায্যে লিখিতে পারি যে

$$\cos ZX = \cos PZ \cos PX + \sin PZ \sin PX \cos XPZ$$

$$\text{অথবা, } \cos 90^\circ = \cos (90^\circ - \phi) \cos (90^\circ - \delta) + \sin (90^\circ - \phi) \sin (90^\circ - \delta) \cos (360^\circ - H)$$

$$\text{অথবা, } 0 = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

$$\text{অথবা, } \cos H = -\tan \phi \tan \delta.$$

$$\therefore H = \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta) \quad (১)$$

আবার,

$$\cos PX = \cos PZ \cos ZX + \sin PZ \sin ZX \cos PZX.$$

$$\text{অথবা, } \cos (90^\circ - \delta) = \cos (90^\circ - \phi) \cos 90^\circ + \sin (90^\circ - \phi) \sin 90^\circ \cos (180^\circ - A).$$

$$\text{অথবা, } \sin \delta = -\cos \phi \cos A$$

$$\therefore \cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \phi}$$

$$\therefore A = \cos^{-1} \left(-\frac{\sin \delta}{\cos \phi} \right) \quad (২)$$

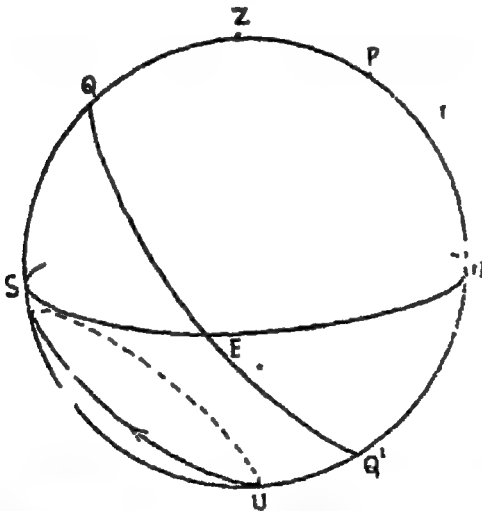
(১) এবং (২) হইতে সূর্যোদয়ের সময় উহাব কোণিক কাল এবং এলিমেন্ট জানা যায়।

লক্ষ্য করুন যে সূর্য যখন বিষুব বৃত্তের উপর অবস্থান করে তখন $\delta = 0^\circ$ ইতিহাস $H = A = 90^\circ$ অর্থাৎ ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য ঠিক ৬ ঘণ্টা কৌণিক কালের সময় উদয় হয়।

(b) একইভাবে সূর্যাস্তের সময় উহাব কৌণিককাল এবং এষিমাথ নির্ণয় করা সম্ভব।

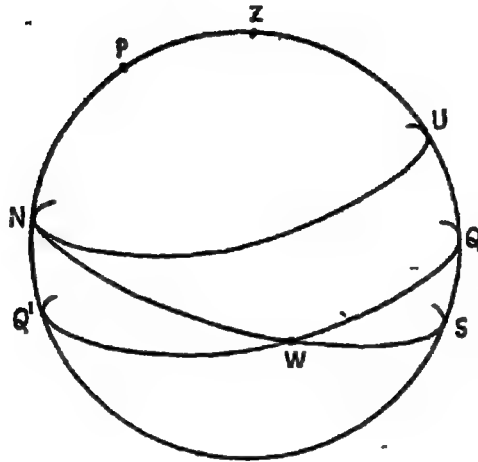
১৫.৩.৩. মধ্যরাত্রির সূর্য, সর্বক্ষণ দিন এবং সর্বক্ষণ রাত্রি

আমরা জানি যে উৎকর্ষ মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবাব সময় (কোন স্থানে) সূর্যের জেনিথ দূরত্ব $\delta - \phi$ বা $\phi - \delta$ হইবা থাকে এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবাব সময় ইহাব জেনিথ দূরত্ব $180^\circ - (\phi + \delta)$ ।



সবচেয়ে বড় দিনে (২১ জুন), সূর্যের নতি $= 23^\circ 27'$ বলিয়া মেক অঞ্চলে (অর্থাৎ যে স্থানের অক্ষাংশ $66^\circ 33'$ উঃ) মধ্যরাত্রিতে সূর্যের জেনিথ দূরত্ব 90° । অতএব এই সময় সূর্য দিগন্তবৃত্তের N বিন্দুতে স্পর্শ করিবে। সুতরাং ঐ দিন সূর্যাস্ত হইবে না। সেইরূপ ২২ ডিসেম্বর তারিখে (যখন দিন সর্বাপেক্ষা ছোট) সূর্যের জেনিথ দূরত্ব 90° হইবে এবং ঐ দিন সূর্যোদয় হইবে না।

মেক অফলে ($\phi > 66^{\circ}33'$) 21 শে মার্চ হইতে 23 শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত দেখা যায় যে কিছু দিনেব জন্ত সূর্যাস্ত মোটেই ঘটে না।



বতদিন পর্যন্ত সূর্য দিগন্ত বলষেব উপবে থাকে ততদিন পর্যন্ত সমরকে “সর্বক্ষণ দিন” (perpetual day) বলা হব। আবার 23 শে সেপ্টেম্বর হইতে 21 শে মার্চ পর্যন্ত কতকদিনেব জন্ত সূর্যোদয়ই হয় না। এই সমরকে “সর্বক্ষণ বাত্রি” (perpetual night) বলে।

১৫ ও ৪ সর্বক্ষণ দিন ত্রবং সর্বক্ষণ বাত্রি ঘটবার শর্ত

(১) যদি নিরেব মেবিভিবান অতিক্রম কবিবাব সমর সূর্য দিগন্ত বলষকে শুধু স্পর্শ কবে অথবা দিগন্ত বলষেব উপবে অবস্থান কবে তাহা হইলে “সর্বক্ষণ দিন” সংঘটিত হইবে। ইহাব অর্থ এই যে $\phi + \delta_N \geq 90^\circ$ হইলেই এমন অবস্থা সম্ভব হইবে। এখানে δ_N = সূর্যের উত্তর নতি (north declination)। অনুরূপভাবে বলা যায় যে যদি সূর্যেব দক্ষিণ নতি δ_s এবং ϕ এব যোগফল 90° অপেক্ষা অধিক বা সমান হব তাহা হইলে সর্বক্ষণ বাত্রি সম্ভব হইবে।

১৫.৩.৫. উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য?

আমরা দেখিরাছি যে সর্বক্ষণ দিন ২৪ ঘণ্টার বেশী হইতে হইলে $\delta_N + \phi \geq 90^\circ$ হইতে হইবে। অতএব আমরা লক্ষ্য কবিতেছি যে ২১শে মার্চ এবং ২২শে জুনের মধ্যে যখন সূর্যের নতি (δ_N) $90^\circ - \phi$ এবং সমান হয় তখন এমন দিন আরম্ভ হয় এবং ২২ জুন হইতে ২৩ সেপ্টেম্বরের মধ্যে যখন δ_N আবার $90^\circ - \phi$ এবং সমান হয় তখন সর্বক্ষণ দিন শেষ হয়। অতএব যে দিন সূর্যের নতি $\delta_N = 90^\circ - \phi$ হয় সে দিন হইতে আবার কবিয়া $\delta_N = 23^\circ 27'$ পর্যন্ত যতদিন সময় লাগিবে এবং $\delta_N = 23^\circ 27'$ হইতে ক্রমশঃ δ_N এবং যখন কবিয়া আবার $\delta_N = 90^\circ - \phi$ হইতে যতদিন সময় লাগিবে ততদিন পর্যন্ত সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্দেশ করিবে। অতএব যদি L_1 এবং L_2 যদি এই দুইবিধ সময়ের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\begin{aligned} \text{দৈর্ঘ্য} &= L_1 + L_2 \\ &= 2 \times \left[93 - \frac{93(90 - \phi)}{23^\circ 27'} \right] \quad \left[\text{যেহেতু ২১ মার্চ} \right. \\ &= \frac{186}{23^\circ 27'} (\phi - 66^\circ 33') \quad \left. \text{হইতে ২৩ সেপ্টেম্বর} \right. \\ &\quad \left. \text{পর্যন্ত } (93 + 93) \text{ দিন} \right] \end{aligned}$$

উদাহরণ ১১। 72° অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানের সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করুন।

$$\begin{aligned} \text{এখন } L &= \frac{186 \times (72^\circ - 66^\circ 33')}{23^\circ 27'} \\ &= \frac{186 \times 5^\circ 27'}{23^\circ 27'} \text{ দিন।} \\ &= 43.23 \text{ (আসন্ন মান) দিন।} \end{aligned}$$

১৫.৪. সময় সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৪.১. সাইডেরিয়াল সময় এবং সূর্য ভায়ালের সময়ের ব্যবহারে অংশবিধা

সূর্য প্রতিদিন গড়ে 1° করিয়া এক্সিপটিকের উপর পূর্বদিকে সরিয়া যায় বলিয়া প্রতিদিন বিপ্রহরে ইহার সাইডেরিয়াল সময় ৪ মিনিট

কবিষা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। যদি মার্চ মাসেব 21 তাৰিখে দ্বিপ্রহবে সাইডেবিষাল সময়কে 0 ঘ 0 মি 0 সে. বলিষা গণ্য কৰা হয় তাহা হইলে প্রতিদিন 4 মিনিট কবিষা বৃদ্ধি পাইয়া জুন মাসেব 22 তাৰিখেব দ্বিপ্রহবে (অৰ্থাৎ সূৰ্য বখন মেৰিডিয়ান অতিক্রম কৰিবে) সাইডে-বিষাল সময় 6 ঘণ্টাৰ দাঁড়াইবে। এইরূপ এক বৎসব পৰ পুনৰাব মার্চ মাসেব 21 তাৰিখে সাইডেবিষাল সময়েব প্রভেদ হইবে 24 ঘণ্টা। আৰাব সূৰ্য ডাষাল অনুযায়ী সময় গণনা কৰিলে অসুবিধা এই যে প্রকৃত সৌৰদিনেব দৈৰ্ঘ্য সৰ্বদা এক নহে। সূৰ্য ডাষাল দ্বাৰা প্রকৃত সৌৰদিন নির্দেশিত হয়।

১৫.৪.২. সময় সমীকরণ

সময় নির্ণয় কৰিবাব জন্ত একট কালনিক সূৰ্যেব আশ্রয় লওষা হইষাছে। প্রকৃত সূৰ্য এবং কালনিক সূৰ্যকে ভাবনাৰ ইকুইনকসে মিলিত অবস্থায় কল্পনা কৰা হয়। তাবপৰ কালনিক সূৰ্যকে প্রতিদিন সমান গতিতে এল্লিপটিকেব উপৰ দিষা চলিতে কল্পনা কৰা হয়। এইরূপে এক বৎসব পৰে আৰাব প্রকৃত সূৰ্যেব সহিত ভাবনাৰ ইকুইনক্সে মিলিত অবস্থায় পাওষা যায়। কালনিক সূৰ্যেব পৰ পৰ মেৰিডিয়ান অতিক্রম কৰিবাব সময়েব ব্যবধানকে ব্যবহারিক দিন (Mean solar day) বলিষা ধৰিষা লওষা হয়। এই ব্যবহারিক দিনকে 24 ঘণ্টাৰ বিভক্ত কৰা হয়।

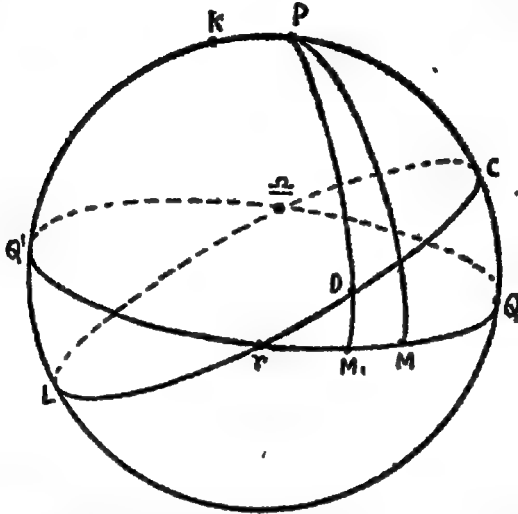
প্রকৃত সৌৰদিন—ব্যবহারিক সৌৰদিন=সময় সমীকরণ
(ব্যবধান)

অথবা ডাষাল সময়—ঘড়িৰ সময়=সময় সমীকরণ (ব্যবধান)

প্রকৃত সময় এবং ব্যবহারিক সময়েব ব্যবধানের কাৰণ দুইটি :

- (1) পৃথিবীৰ কক্ষপথেব চ্যাপ্টা (উপবৃত্তাকাৰ) প্রকৃতি,
- এবং (2) মহাবিশ্ববেব সহিত কক্ষপথেব “হেলান” অবস্থান।

(i) কক্ষপথের প্রকৃতি : মনে করুন কক্ষপথের চ্যাপ্টা প্রকৃতির জন্ত সমস্তের যে ব্যবধান সৃষ্টি হয় তাহার পরিমাণ E_1 মনে করুন S এবং D



অথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং কাল্পনিক সূর্যের অবস্থান। মনে করুন

t_1 = সাইডেরিয়াল সময়,

α = প্রকৃত সূর্যের R.A.

α_1 = কাল্পনিক সূর্যের R.A.

তাহা হইলে,

$$\alpha = \gamma M, \quad \alpha_1 = \gamma M_1.$$

এখন E_1 = প্রকৃত সময়—ব্যবহারিক সময়

= S-এর কোণিককাল—D-এর কোণিককাল

$$= (t_1 - \alpha) - (t_1 - \alpha_1)$$

$$= \alpha_1 - \alpha$$

$$= \gamma M_1 - \gamma M.$$

জানুয়ারী মাসের ৩ তারিখে S এবং D উভয়েই একইস্থানে

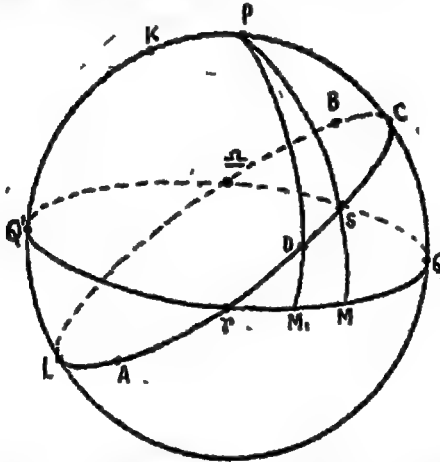
(A) আসে।

অতএব $E_1 = 0$

আবার জুলাই মাসের ৪ তারিখে একই কারণে (B) $E_1 = 0$.

আবার জানুয়ারী মাসের ৩ তারিখে প্রকৃত সূর্য ব্যবহারিক সূর্য অপেক্ষা বেশী গতিশীল হওয়ায় ৩ জানুয়ারী হইতে জুলাই মাসের ৪ তারিখ পর্যন্ত E_1 -এর মান ঋণাত্মক হইবে। আবার জুলাই মাসের ৪ তারিখেই পৰ হইতে জানুয়ারী মাসের ৩ তারিখ পর্যন্ত E_1 -এর মান 'ঋণাত্মক' হইবে।

(ii) মহাবিশ্বের সহিত কক্ষপথের "হেলান" অবস্থানজনিত ত্রুটি :
মনে কখন কক্ষপথের "হেলান" অবস্থানজনিত ত্রুটির পরিমাণ E_2 । মনে কখন D এবং M বধাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্যের অবস্থান নির্দেশ কবিতোছে যেন $\gamma M = \gamma D$.



মনে কখন t_1 = সাইডেরিয়াল সময় এবং α_1, α_2 বধাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্যের R.A. (রাইট অ্যাসেনশন)।

তাহা হইলে

$$\alpha_1 = \gamma M_1, \alpha_2 = \gamma M$$

সুতরাং E_2 = প্রকৃত সময় - ব্যবহারিক সময়

= D-এর কোণিককাল - M-এর কোণিককাল।

$$= (t_1 - \alpha_1) - (t_1 - \alpha_2)$$

$$= \alpha_2 - \alpha_1 = \gamma M - \gamma M_1$$

মার্চ মাসের ২১ তারিখে ব্যবহারিক সূর্য এবং প্রকৃত সূর্যের অবস্থান γ বিন্দুর সহিত মিলিত হইবে। অতএব ঐ তারিখে

$$E_2 = 0.$$

জুন মাসের ২২ তারিখে প্রকৃত সূর্য C বিন্দুতে এবং ব্যবহারিক সূর্য Q বিন্দুতে অবস্থান করিবে। যেহেতু

$$\gamma C = \frac{\pi}{2} = \gamma Q$$

অতএব, জুন মাসের ২২ তারিখে $E_2 = 0$.

আবার সেপ্টেম্বর মাসের ২৩ তারিখে, প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্য উভয়ে অটোমনাল ইকুইনক্স -তে মিলিত হয় যেন

$$\gamma C = \pi = \gamma Q.$$

অতএব, সেপ্টেম্বর মাসের ২৩ তারিখে $E_2 = 0$.

ডিসেম্বর মাসের ২২ তারিখে প্রকৃত সূর্য উইন্টার সলিস্টিসে L (winter solstice) এবং ব্যবহারিক সূর্য Q'-এ আসে। যেহেতু

$$\gamma C = L = \frac{3\pi}{2} = \gamma C = Q'$$

অতএব, ডিসেম্বর মাসের ২২ তারিখে, $E_2 = 0$.

মার্চ মাসের ২১ তারিখে প্রকৃত এবং ব্যবহারিক সূর্য আবার একই স্থানে মিলিত হয় এবং পূর্বালোচনাব পুনরাবৃত্তি ঘটে।

মার্চ মাসের ২১ তারিখ হইতে জুন মাসের ২২ তারিখ পর্যন্ত E_2 -এর মান ঋণাত্মক। উপরের আলোচনা সংক্ষিপ্ত সার রূপে আমরা লিখিতে পারি যে

(১) E_2 -এর মান ২১ শে মার্চ, ২২ শে জুন, ২৩ শে সেপ্টেম্বর এবং ২২ শে ডিসেম্বর তারিখে “শূন্য” হয়,

(২) ২১ শে মার্চ হইতে ২২ শে জুন পর্যন্ত এবং ২৩ শে সেপ্টেম্বর হইতে ২২ শে ডিসেম্বর পর্যন্ত E_2 -এর মান “ঋণাত্মক” (-) হয়;

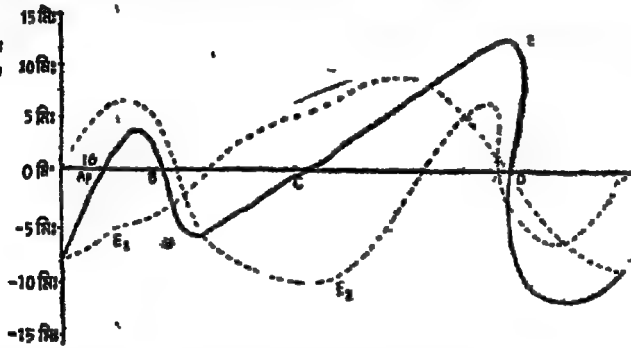
এবং (৩) ২২ শে জুন হইতে ২৩ শে সেপ্টেম্বর এবং ২২ শে ডিসেম্বর হইতে ২১ শে মার্চ পর্যন্ত E_2 -এর মান “ঋণাত্মক” হয়।

১৫.৪.৩. সময় সমীকরণের “গ্রাফ” বা লেখচিত্র

যদি আমরা সময় সমীকরণের পরিমাণকে E দ্বারা নির্দেশ করি তাহা হইলে

$$E = E_1 + E_2$$

E_1 এবং E_2 -এর মান নির্ণয় কবিয়া দেখা যায় যে E_1 -এর বৃহত্তম প্রকৃত (numerical) মান প্রায় 7 মিনিট এবং E_2 -এর বৃহত্তম মান প্রায় 10 মিনিট হইয়া থাকে। বৎসরের বিভিন্ন সময়ে E -এর মান নির্ণয় কবিয়া আমরা যে চিত্র পাই তাহা নিম্নে প্রদর্শিত হইল (একটানা লাইন)।



চিত্র হইতে দেখা যায় যে E -এর মান বৎসরে চার বার (16 এপ্রিল, 15 জুন, 1 সেপ্টেম্বর এবং 25 ডিসেম্বর) শূন্য হয়। এই সময়গুলি যথাক্রমে A, B, C, D বিন্দু দ্বারা প্রদর্শিত হইয়াছে।

উদাহরণ ১২। কোন এক স্থানের সূর্যোদয় 6 ঘ. 31 মি. 48 সেকেন্ডের সময় এবং সূর্যাস্ত 5 ঘ. 17 মি. 44 সেকেন্ডের সময় ঘটয়া থাকে। সময় সমীকরণ নির্ণয় করুন।

$$E = \text{সময় সমীকরণ}$$

$$\text{প্রাতঃকালের দৈর্ঘ্য} = 12 \text{ ঘ. } - 6 \text{ ঘ. } 31 \text{ মি. } 48 \text{ সে.}$$

$$= 5 \text{ ঘ. } 28 \text{ মি. } 12 \text{ সে.}$$

$$\text{বিকালের দৈর্ঘ্য} = 5 \text{ ঘ. } 17 \text{ মি. } 44 \text{ সে.}$$

$$2E = 5 \text{ ঘ. } 28 \text{ মি. } 12 \text{ সে.} - 5 \text{ ঘ. } 17 \text{ মি. } 44 \text{ সে.}$$

$$= 10 \text{ মি. } 28 \text{ সে.}$$

$$E = 5 \text{ মি. } 14 \text{ সে.}$$

১৫.৪.৪. ব্যবহারিক সময় এবং সাইডেরিয়াল সময়ের মধ্যে সম্পর্ক

১ দ্রাঘিমার যে কোন এক স্থানে

স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময় = ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিককাল
+ ইহার R. A.

যে-কোন নির্দিষ্ট মুহুর্তে মনে করুন t_1, h_1 এবং α_1 দ্বারা স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময়, ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিককাল এবং ইহার R. A. সূচনা করা হইল। তাহা হইলে

$$t_1 = h_1 + \alpha_1$$

একদিন পরে মনে করুন উহাদের মান যথাক্রমে t_2, h_2 এবং α_2 হইল। তাহা হইলে

$$t_2 = h_2 + \alpha_2$$

$$t_2 - t_1 = (h_2 - h_1) + (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\text{কিন্তু } h_2 - h_1 = 24.$$

এখন মনে করুন ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিক আবর্তন গতির পরিমাণ (1 দিনে) = ω .

$$\text{অতএব } \omega = \frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}} \text{ অথবা } \frac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}} \text{ (প্রায়)}$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}}$$

$$\begin{aligned} \text{সাইডেরিয়াল সময়} = t_2 - t_1 &= 24 + \frac{24}{365\frac{1}{4}} \\ &= 24 \cdot \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}} \end{aligned}$$

$$\text{ব্যবহারিক 24 ঘণ্টা} = 24 \cdot \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}} \text{ সাইডেরিয়াল সময়}$$

অর্থাৎ ব্যবহারিক 24 ঘ = 24 ঘ. 3 মি. 56.556 সে.

(সাইডেরিয়াল সময়)

” 1 ঘ = 1 ঘ. 9.8565 সে. (”)

” 1 মি. = 1 মি. 0.1643 সে. (”)

” 1 সে. = 1.0027 সে. (”)

প্রকাশান্তবে

24 ঘ. সাইডেবিয়াল সময় = 24 ঘ. - 3 মি. 55 910 সে. (ব্যবহারিক সময়)

1 ঘ " " = 1 ঘ. - 9 8296 সে. (")

1 মি " " = 1 মি. - 0.1638 সে. (")

1 সে. " " = 1 সে. - 0027 সে. (")

অঙ্কমালা-১২

১। যখন কোন স্থানে ভাবনাল ইকুইনক্সেল কোণিক কাল 15 ঘণ্টা, তখন ঐ স্থানে ঐ মুহূর্তে সাইডেবিয়াল সময় কত?

২। সূর্যের কোণিককাল যখন 80° -এব সমান তখন ঐ স্থানের প্রকৃত সময় কত?

৩। α -Cygni নামক তারার R. A. = 20 ঘ. 39 মি. হইলে তারকাটির মেৰিডিয়ান অতিক্রম কবিরাব কালে সাইডেবিয়াল সময় কত হইবে।

৪। কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানের বাজি 10 ঘটিকার কোন তাৰিখে একটি নক্ষত্র ($\alpha=16$ ঘ. 26 মি.) মেৰিডিয়ান অতিক্রম কবিরে?

৫। কোন এক স্থানে একদিন পূর্বেরাব মধ্যবাজিতে সাইডেবিয়াল সময় 5 ঘ. 15 মি. ছিল। অল্প যদি সেই স্থানে এই মুহূর্তে সাইডেবিয়াল সময় 14 ঘ. 30 মি হয় তাহা হইলে ব্যবহারিক সময় কত হইবে?

৬। যদি Greenwich-এ বিপ্রহবে ব্যবহারিক সূর্যের R. A. = 0 ঘ 6 মি 40 সে হয়, তাহা হইলে যে নক্ষত্রের R. A. = 18 ঘ. 43 51 সে. সেই নক্ষত্র কোন সময়ে মেৰিডিয়ান অতিক্রম কবিরে?

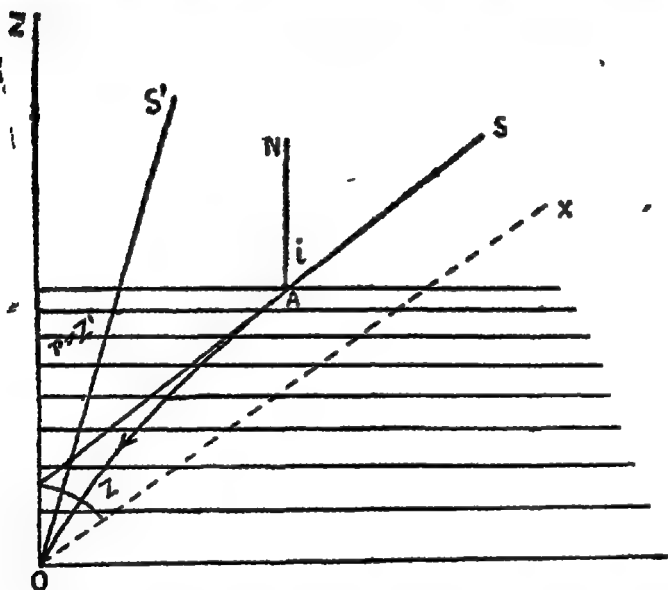
৭। কোন একস্থানে কোন একদিনে 6 ঘ. 54 মি-এব সময় সূর্যোদয় এবং 4 ঘ 33 মি.-এব সময় সূর্যাস্ত হইয়া থাকিলে ঐ দিনে সময় সমীকরণের পরিমাণ কত?

৮। সাইডেবিয়াল সময় 5 ঘ 32 মি. 37 সে এবং ব্যবহারিক সূর্যের বিপ্রহবের সময় R. A. = 7 ঘ. 37 মি 32 সে. হইলে ব্যবহারিক সময় কত?

১৫.৫.৫. প্রতিসরণ (Refraction) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৫.১ সূত্র (Tangent)

মনে ককন যে আকাশে কোন জ্যোতিষ্ক S হইতে একটি আলোক রশ্মি SA আসিয়া পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের উচ্চতম স্তরের A বিন্দুতে পতিত হইল (চিত্র দেখুন)। AN লম্ব। মনে ককন SA রশ্মিটি



A'N-এর সহিত i কোণ উৎপন্ন করিল। বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তর অভিক্রম করিতে আলোক রশ্মিট অনেকেটা বাঁকিয়া যাইবে এবং পৰিণেবে যখন ইহা O বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছিতে তখন O বিন্দুতে পর্যবেক্ষণকারীর নিকট রশ্মিটকে S_1 এর দিক হইতে আসিতে দেখা যাইবে। অতএব প্রতিস্বর্ণের ফলে S নক্ষত্রটিকে S_1 এর স্থানে অবস্থিত বলিয়া মনে হইবে। এখানে O S_1 লাইনটিকে AO বক্র লাইনের সহিত স্পর্শক রূপে দেখানো হইয়াছে। মনে ককন OX লাইনটি AS-এর সমান্তরাল করিয়া টানা হইল। যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলো

প্রতিসরিত না হইত তাহা হইলে O বিন্দুতে নক্ষত্রটিকে X অবস্থানে দেখা যাইত। মনে করুন Z বিন্দু জেনিথ অবস্থান এবং

$$Z = \angle XOZ = \text{প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব} ; \quad (১)$$

$$Z' = \angle S_1OZ = \text{আপাত জেনিথ দূরত্ব (apparent)} ; \quad (২)$$

$$\text{অতএব } R = \angle XOS_1 = \angle XOZ - \angle S_1OZ$$

= প্রতিসরণের পরিমাণ

$$\text{অথবা } R = Z - Z' \quad (৩)$$

$$\text{এখন, } \angle XOZ = \angle SAN = i, \quad \angle S_1OZ = r.$$

$$\therefore Z = i, \quad Z' = r$$

মনে করুন μ = প্রতিসরণ সূচক। অতএব

$$\sin i = \mu \sin r$$

$$\text{অথবা } \sin Z = \mu \sin Z' \quad (৪)$$

(৩) এবং (৪) হইতে আমরা পাই

$$\sin (Z' + R) = \mu \sin Z'$$

$$\text{অথবা } \sin Z' \cos R + \cos Z' \sin R = \mu \sin Z'$$

যেহেতু প্রতিসরণের পরিমাণ R-এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা $\cos R \approx 1$, $\sin R \approx R$ লিখিতে পারি।

$$\text{অতএব } \sin Z' + R \cos Z' = \mu \sin Z'$$

$$\text{অথবা } R = (\mu - 1) \tan Z' \quad (৫)$$

যদি R এর মান বেডিয়ান একক হইতে সেকেন্ড এককে স্থানান্তরিত করা হয় তাহা হইলে $R = 206265 (\mu - 1) \tan Z'$

$$\text{এক বেডিয়ান} \equiv 206265''$$

আবার $k = 206265 (\mu - 1)$ ধরিয়া আমরা লিখিতে পারি যে

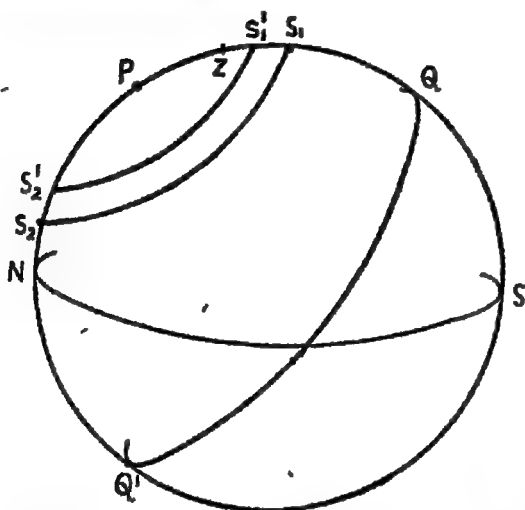
$$R = k \tan Z' \quad k = \text{প্রতিসরণ সংখ্যা}$$

১৫.৫.২. প্রতিসরণ সংখ্যা k-এর মান নির্ণয় কর

তিন উপায়ে k-এর মান নির্ণয় করা যায়। এই তিনটি উপায় পব-পৃষ্ঠায় বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইল।

(১) প্রথম উপায়

আমরা একটি প্রবৃত্তাবাক্যে বেঠনকারী একটি নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অবস্থানগুলি লক্ষ্য করিয়া k -এব মান নির্ণয় করিতে পারি। মনে কখন প্রকৃত অবস্থান S_1 এবং S_2 -তে উপরিপ্লিখিত একটি নক্ষত্র মেরিডিয়ান অতিক্রম কবে এবং প্রতিসবণেব ফলে আমবা উহাকে যথাক্রমে S_1^1 এবং S_2^1 অবস্থানে লক্ষ্য করিলাম।



মনে কখন Z_1 এবং Z_2 , নক্ষত্রটির জেনিথ দূরত্ব। তাহা হইলে
 $Z_1 = ZS_1^1$, $Z_2 = ZS_2^1$

কিন্তু নক্ষত্রের প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ZS_1 এবং ZS_2 হওয়ায় আমবা লিখিতে পারি যে $ZS_1 = ZS_1^1 + S_1^1S_1 = Z_1 + k \tan Z_1$

$$\text{এবং } ZS_2 = ZS_2^1 + S_2^1S_2 = Z_2 + k \tan Z_2$$

মনে কখন ϕ = অক্ষাংশ (উত্তর গোনার্ধ) এবং δ = নক্ষত্রের প্রকৃত নতি। তাহা হইলে $NP = \phi$, $PZ = 90^\circ - \phi$

$$PS_1 = PS_2 = 90^\circ - \delta$$

$$\text{কিন্তু } PS_1 = PZ + ZS_1$$

$$\text{অথবা, } 90^\circ - \delta = 90^\circ - \phi + Z_1 + k \tan Z_1 \quad (৬)$$

$$\text{এবং, } P S_2 = Z S_2 - P Z$$

$$\text{অথবা, } 90^\circ - \delta = Z_2 + k \tan Z_2 - (90^\circ - \phi) \quad (৭)$$

(৬) এবং (৭) হইতে আমবা পাই

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1)$$

$$k = \frac{180^\circ - 2\phi - Z_2 + Z_1}{\tan Z_2 - \tan Z_1} \quad (৮)$$

(২) দ্বিতীয় উপায়

যদি অক্ষাংশ ϕ এর মান না জানা থাকে, তাহা হইলে আমবা দুইটি এর বেটনকাবী নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় কবিয়া k -এর মান নির্ণয় কবিতে পারি। যদি (Z_1, Z_2) , (Z_3, Z_4) যথাক্রমে দুইটি নক্ষত্রের আপাত জেনিথ দূরত্ব নির্দেশ করে তাহা হইলে (৬), (৭) হইতে আমবা লিখিতে পারি যে

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (৯)$$

$$\text{এবং } 180^\circ - 2\phi = Z_4 - Z_3 + k (\tan Z_4 - \tan Z_3) \quad (১০)$$

(৯) এবং (১০) হইতে ϕ বর্জন কবিয়া আমবা পাই

$$k(\tan Z_2 + \tan Z_3 - \tan Z_1 - \tan Z_4) = Z_4 + Z_1 - Z_2 - Z_3$$

$$\text{অর্থাৎ } k = \frac{(Z_4 + Z_1) - (Z_2 + Z_3)}{(\tan Z_2 + \tan Z_3) - (\tan Z_1 + \tan Z_4)} \quad (১১)$$

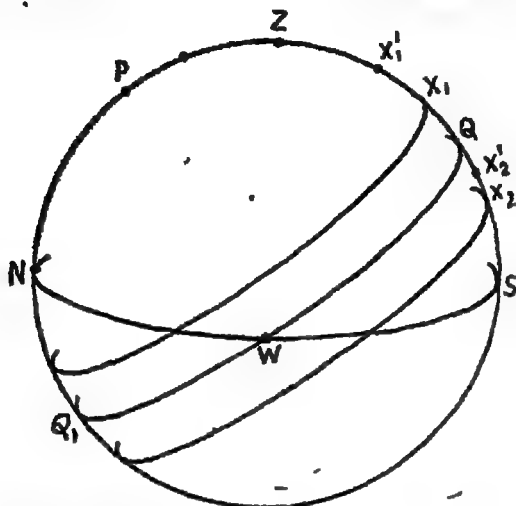
(৩) তৃতীয় উপায় (Bradley)

এখানে দুইটি নক্ষত্রের পবিতর্তে একটি নক্ষত্রের এবং সূর্যের মেবিডিয়ান উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। মনে করুন Z_1 এবং Z_2 একটি এর নক্ষত্র বেটনকাবী নক্ষত্রের জেনিথ দূরত্ব। তাহা হইলে আমবা জানি যে,

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (১২)$$

মনে করুন যে সূর্য যখন গ্রীষ্মকালীন সলিস্টিস (Summer Solstice) এবং শীতকালীন সলিস্টিস (Winter Solstice) এ অবস্থান করবে তখন বিগ্রহবে X_1 এবং X_2 বিন্দুতে সূর্য প্রকৃতপক্ষে মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিল।

এখানে $QX_1 = QX_2 = 23^\circ 27'$ মনে করুন ঐ দুই দিনে X_1^1 , X_2^1 সূর্যের আপাত অবস্থান এবং ZX_1^1 , ZX_2^1 উহার জেনিথ দূরত্ব। যদি



এই দুই জেনিথ দূরত্বের মান S_1 এবং S_2 হয় তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} ZX_1 &= Z X_1^1 + X_1^1 X_1 = S_1 + k \tan S_1 \\ \text{এবং } ZX_2 &= Z X_2^1 + X_2^1 X_2 = S_2 + k \tan S_2 \end{aligned} \right\} \quad (১৩)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{কিন্তু } ZX_1 &= ZQ - X_1Q = \phi - 23^\circ 27' \\ ZX_2 &= ZQ + X_2Q = \phi + 23^\circ 27' \end{aligned} \right\} \quad (১৪)$$

(১৩) এবং (১৪) হইতে আমরা পাই

$$2\phi = S_1 + S_2 + k (\tan S_1 + \tan S_2) \quad (১৫)$$

অতএব (৯) এবং (১৫) নং সমীকরণ দুইটি হইতে আমরা পাই

$$180^\circ = S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1 + k (\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 - \tan Z_1)$$

$$\text{অথবা } k = \frac{180^\circ - (S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1)}{\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 + \tan Z_1} \quad (১৬)$$

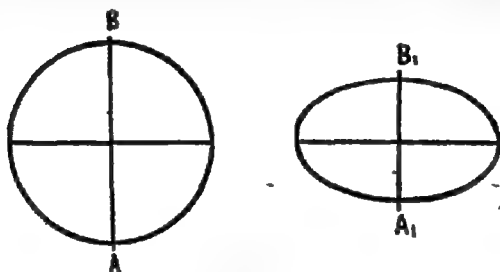
অথবা (১৬) হইতে আমরা k -এর মান নির্ণয় করিতে পারি।

১৫.৫ ৩. প্রতিসরণের ফল

(১) একটি জ্যোতিষের এযিমাথ (azimuth) এবং একটি খাড়া মহাবৃত্তকে অতিক্রম করিবার সময় প্রতিসরণ দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না।

প্রতিসৰণেৰ নিয়মানুসাৰে একটু বস্তু এৰু ইহাৰ প্ৰতিসৰণ বিষয় একই সময়তলৈ অৱস্থান কৰে বলিবা একটো জ্যোতিষ্ক একই খাড। (vertical) মহাশব্দৰ উপৰ জেনিথেৰ দিকে সৰিবা। বাৰ। ফলে প্ৰতিসৰণেৰ কোন প্ৰভাৱ জ্যোতিষ্কেৰ এখিমাথ এৰু অতিক্ৰম কৰাৰ সময়ৰ উপৰ অনুভূত হ'ব না।

(ii) প্ৰতিসৰণেৰ ফলে সূৰ্য এৰু চন্দ্ৰ যখন দিগন্তৰেখাৰ নিকটে থাকে (উদযান্তৰ সময়) তখন তাহাদিগকে অপেক্ষাকৃত চ্যাপ্টা (flatter) দেখাৰ। দিগন্তৰেখাৰ নিকটে প্ৰতিসৰণেৰ পৰিমাণ $34'$ এৰু যে জ্যোতিষ্কেৰ জেনিথ



দূৰত্ব 90° অপেক্ষা কম তাহাৰ প্ৰতিসৰণেৰ পৰিমাণ $34'$ অপেক্ষা কম। ইহাৰ ফলে সূৰ্যেৰ দিগন্তৰেখাৰ অৱস্থান কালে ইহাৰ নীচেৰ অংশকে উপৰেৰ অংশ অপেক্ষা একটু বেশী জেনিথেৰ দিকে সৰিবা আসিতে দেখা বাৰ। কিন্তু প্ৰতিসৰণেৰ ফলে দিগন্ত বৰাৰ সূৰ্যেৰ ব্যাসেৰ কোন পৰিবৰ্তন হ'ব না। কিন্তু উপৰোক্ত কাৰণে খাডা ব্যাসটি প্ৰায় $5'$ কমিবা বাৰ। ইহাৰ ফলে সূৰ্য বা চন্দ্ৰকে কিছুটা চ্যাপ্টা দেখাৰ।

(iii) প্ৰতিসৰণেৰ জন্ত সূৰ্য বা চন্দ্ৰকে অপেক্ষাকৃত ক্ৰত উদয় হইতে এৰু অপেক্ষাকৃত হীবে অস্ত হাইতে দেখা বাৰ।

ইহাৰ কাৰণ এই যে সূৰ্য যখন প্ৰকৃত গঙ্গে দিগন্তৰেখাৰ $34'$ নীচে থাকে তখনই আমবা সূৰ্যকে উদয় হইতে দেখি। যেহেতু সূৰ্যেৰ ব্যাসার্ধ পৃথিৱীতে $16'$ কোণ উৎপন্ন কৰে, অতএব সূৰ্যেৰ কেন্দ্ৰ $34' + 16' = 50'$ মিনিট দিগন্তেৰ নীচে থাকিবাৰ সময় আমবা সূৰ্যোদয় বা সূৰ্যাস্ত দেখি। স্ততবাং সূৰ্যাস্ত বা সূৰ্যোদয়েৰ সময় সূৰ্যেৰ জেনিথ দূৰত্ব $= 90^\circ 50'$ এৰু সূৰ্যোদয় এৰু সূৰ্যাস্ত প্ৰায় $3\frac{1}{2}$ মিনিটে পূৰ্বে এৰু পৰে ঘটিবা থাকে।

অতএব সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তবেখার দূরত্ব

$$= \sqrt{\frac{8}{2}} h \text{ মাইল।}$$

প্রকৃত দিগন্তবেখা O_1H -এব সহিত O_1A যে কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে "ডিপ্" (dip) বলে

$$\text{এখানে ডিপ্} = \Delta = \angle HO_1A$$

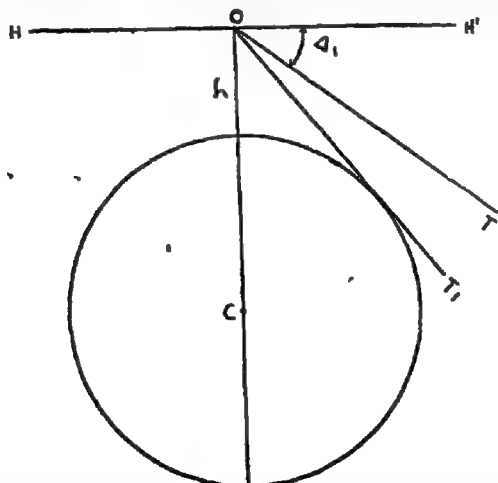
$$= \angle ACO_1 = -\frac{O_1A}{CA} \text{ (আসন্ন মান)}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{8}{2}}h}{3960} \text{ রেডিয়ান}$$

$$= \frac{3438}{3960} \times \sqrt{\frac{8}{2}} \times \sqrt{h} \text{ মিনিট}$$

$$= \sqrt{h} \text{ (প্রায়) (1 রেডিয়ান=3438')}$$

(b) প্রতিসরণের জন্য সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তবেখার দূরত্ব স্থিতি পাশ এবং ডিপের মান কমিষা যায়। মনে করুন h উচ্চতার অবস্থিত O বিন্দু



হইতে ভূ-পৃষ্ঠের উপর OT_1 স্পর্শক অঙ্কন করা হইল। প্রতিসরণের জন্য T_1 হইতে রশ্মি বায়ুমণ্ডলের স্তর ভেদ করিষা বক্র পথে আসিষা

ও বিন্দুতে মিলিত হয়। ইহার ফলে OT_1 -কে OT -এর দিকে প্রতীক্ষমান হয়। সুতরাং OT_1 বৃদ্ধি পাইয়া OT এবং Δ কমিয়া যাইয়া Δ_1 -এ পরিণত হয়।

(v) প্রতিসরণের জন্য চন্দ্রকে চন্দ্রগ্রহণের সময় লোহিত বর্ণাকার দেখায। ইহাব কারণ এই যে চন্দ্রগ্রহণের সময় পৃথিবী চন্দ্র এবং সূর্যের মধ্যে আসিয়া পড়ে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর উপর পতিত রশ্মিসমূহের কতকাংশ বাঁকিয়া চন্দ্র-গুণ্ঠে পতিত হয়। লোহিত বর্ণের রশ্মিগুলি অত্যধিক প্রবেশ ক্ষমতার অধিকারী হওয়াব চন্দ্রকে লোহিত বর্ণাকার দেখায়।

উদাহরণ ১৩। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা 50° -তে দেখা গেলে ইহাব প্রকৃত উচ্চতা কত হইবে ($k=58''.2$)?

মনে করুন প্রকৃত উচ্চতা $=a$

অতএব জেনিথ দূরত্ব (দৃশ্যতঃ) $=90^\circ-50^\circ=40^\circ$

যদি R'' -প্রতিসরণের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\begin{aligned} R &= 58''.2 \tan 40^\circ \\ &= 48''.83 \end{aligned}$$

অতএব প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব $=40^\circ 48''.83$.

$$\begin{aligned} \text{প্রকৃত উচ্চতা } a &= 90^\circ - 40^\circ 48''.83 \\ &= 49^\circ 59' 11'' 17. \end{aligned}$$

উদাহরণ ১৪। $53^\circ 23' 13''$ উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম কবিরাব সময় জেনিথ দূরত্ব যথাক্রমে $8^\circ 48' 37''$ এবং $64^\circ 22' 47''$ দেখা গেল। প্রতিসরণ সংখ্যা k -এব মান নির্ণয় করুন।

$$\begin{aligned} \text{প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব} &= 8^\circ 48' 37'' + k \tan (8^\circ 48' 37'') \\ &\text{এবং } 64^\circ 22' 47'' + k \tan (64^\circ 22' 47'') \end{aligned}$$

যোগ করিয়া আমরা পাই

$$2 (90^\circ - 53^\circ 23' 13'') = 73^\circ 11' 24'' + k (0.155 + 2.085)$$

$$\text{অথবা } k = \frac{73^\circ 13' 34'' - 73^\circ 11' 24''}{2 \times 240} \\ - \frac{2' 10''}{2 \times 240} = 58''.0$$

$$\text{নির্ণেয় } k = 58''.$$

উদাহরণ ১৫। উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন এক স্থানের মান মন্দিরে (observatory) একটি নক্ষত্রের উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম কালের জেনিথ্, দূরত্ব যথাক্রমে $7^\circ 22' 11''.89$ এবং $69^\circ 37' 47''.13$ দেখা গেল। যদি নক্ষত্রটি জেনিথের উত্তর পার্শ্বে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিয়া থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রটির নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k = 58''$)।

মনে করুন ϕ এবং δ যথাক্রমে ঐ স্থানের অক্ষাংশ এবং নতি। প্রকৃত জেনিথ্, দূরত্ব যথাক্রমে

$$7^\circ 22' 11''.89 + 58''.2 \tan (7^\circ 22' 11''.89) \text{ এবং} \\ 69^\circ 37' 47''.13 + 58''.2 \tan (69^\circ 37' 47''.13)।$$

উভয়কে যোগ করিয়া আমরা পাই

$$180 - 2\phi = 76^\circ 59' 59.02 + 58''.2 (1.294 + 2.6933) \\ = 76^\circ 59' 59''.02 + 164''.3 \\ = 77^\circ 2' 43''.32 \\ \phi = \frac{180^\circ - 77^\circ 2' 43''.32}{2} = 51^\circ 28' 38''.34$$

$$\text{এবং } \delta - \phi = 7^\circ 22' 11''.89 + 58''.2 \times 1.294 \\ = 7^\circ 22' 19''.42$$

$$\delta = 7^\circ 22' 19''.42 + 51^\circ 28' 38''.34 \\ = 58^\circ 50' 57''.76।$$

প্রশ্নমালা-১৩

১। একটি নক্ষত্রের দৃশ্যমান জেনিথ্, দূরত্ব 60° এবং $k = 58''.2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্, দূরত্ব কত হইবে?

২। একটি নক্ষত্রের অক্ষাংশ 36° এবং $k=58''\cdot 2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত হইবে?

৩। 60° উত্তর অক্ষাংশে একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্বের যথাক্রমে $3^\circ 19' 57''$ এবং $63^\circ 18' 4''$ হইলে k -এর মান নির্ণয় করুন।

৪। উক্ত এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে $75^\circ 3' 13''$ এবং $1^\circ 53' 19''$ (দঃ)-তে দেখা গেল। এই দুই ক্ষেত্রে k -এর মান যথাক্রমে $3' 42''$ এবং $1''\cdot 9$ হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

৫। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে 20° এবং 30° এবং k -এর জট প্রান্তির পরিমাণ যথাক্রমে $1' 40''$ এবং $1' 9''$ হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশের মান নির্ণয় করুন।

৬। একটি নক্ষত্রের নতি $67^\circ 24'$ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ $=52^\circ 1'$ মেবিডিয়ানকে দুইবার অতিক্রম করিবার সময় উহার অক্ষাংশ যথাক্রমে $75^\circ 25'$ এবং $30^\circ 34'$ হইয়া থাকিলে k -এর মান কত হইবে?

৭। উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের দুইবার মেবিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ্ দূরত্ব যদি $20^\circ 33' 44''$ এবং $60^\circ 17' 46''$ হইয়া থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রের নতি এবং স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k=58''\cdot 2$)।

৮। k -এর একই মান লইয়া এবং একটি নক্ষত্রের মেবিডিয়ান উচ্চতার মান 45° এবং 60° হইতে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

৯। Bradley-এর নিয়মে k এর মান নির্ণয় করুন। এই নিয়মের সুরিধা এবং অসুরিধা কি তাহা উল্লেখ করুন।

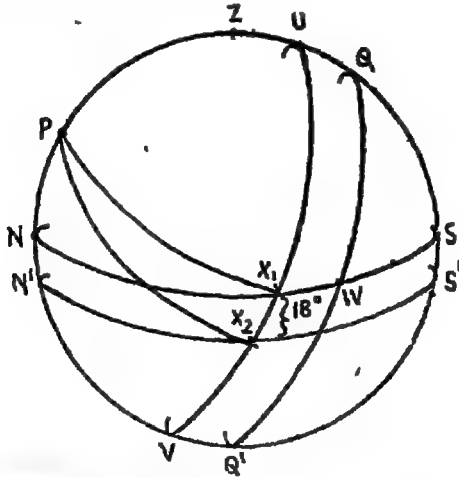
১০। দিগন্ত বেখার নিকটে অবস্থানকালে চন্দ্র-সূর্যের বিকৃত আকৃতির কারণ বিশ্লেষণ করুন।

১১। $k=58''\cdot 2$ লইয়া যে নক্ষত্রের দৃশ্যতঃ জেনিথ্ দূরত্বের cosine $\frac{1}{2}$ তাহার প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত?

১৫.৬. গোখুলি (Twilight) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৬.১. গোখুলি এবং ভোর (Twilight and dawn)

আমরা জানি যে সূর্যোদয়ের পূর্বে এবং সূর্যাস্তের পর কিছুক্ষণের জন্য ভূপৃষ্ঠে অল্প আলো পাওয়া যায়। সকাল বেলায় এই সময়কে আমরা "ভোর" (dawn) এবং সন্ধ্যা ঘনীভূত হওয়ার পূর্বকাল এই সময়কে আমরা "গোখুলি" লগ্ন (Twilight) বলিয়া থাকি। সূর্য হইতে আলো আকাশের বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত ধূলিকণা এবং জলকণা হইতে প্রতিফলিত (reflected), প্রতিসরিত (refracted) এবং বিচ্ছত (scattered) অবস্থায় ভূপৃষ্ঠে পতিত হইয়া আধো-আলো আধো আধাবের স্রষ্টা করে। জ্যোতির্বিজ্ঞান ভাষায় ইহাকে গোখুলি (Twilight) বলা হয়। লক্ষ্য করিয়া দেখা গিয়াছে যে, সূর্যোদয়ের পূর্বে অথবা সূর্যাস্তের পর যখন সূর্যের কেন্দ্র খাড়াভাবে দিগন্তবোখার 18° নীচে থাকে তখনই Twilight বা গোখুলির আশ্রয় বা শেষ হয়।



১৫.৬.২. গোখুলির স্থায়ীকাল (duration)

মনে করুন NPZS কোন স্থানের আকাশে মেরিডিয়ান ২৩ এবং NS দিগন্ত দেখা। মনে করুন UX₁X₂V সূর্যের কোন একদিনের

দ্রম্য পথ (diurnal path) এবং X_1 হইতে X_2 পর্যন্ত পথ আসিতে গোম্বুরির সময় অতিবাহিত হয়। সূর্য যখন দিগন্ত রেখার 18° নীচে নামিয়া আসে তখন গোম্বুরি শেষ হয়।

$h_1 = \angle X_1PU$, $h_2 = \angle X_2PU$ যথিবা গোম্বুরি

স্থায়ীকাল $= \angle X_1PX_2$

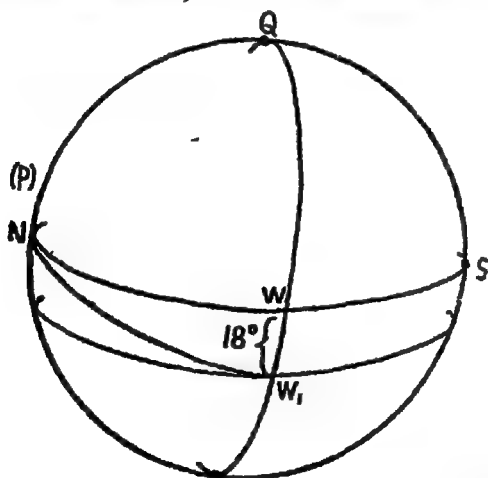
$= \angle X_2PU - \angle X_1PU$

$= h_2 - h_1 = \frac{1}{15} (h_2 - h_1)$ ঘণ্টা।

যেহেতু $h_2 - h_1$ এর মান স্থানীয় অক্ষাংশ এবং সূর্যের 'নতি'র উপর নির্ভর করিবে।

১৫.৬.৩. বিষুবরেখার উপর যে-কোন স্থানে ($\phi = 0^\circ$) মহাবিষুব ($\delta = 0$) অথবা জল বিষুব ($\delta = 0$) সূর্য অবস্থান কালে গোম্বুরির স্থায়ীকাল

বিষুবরেখার উপর $\phi = 0$ সূর্য যখন ইকুইনক্সে অবস্থান করে তখন $\delta = 0$, অতএব সূর্যের দৈনিক দ্রম্য পথ দিগন্তবেধকে লম্বভাবে ছেদ



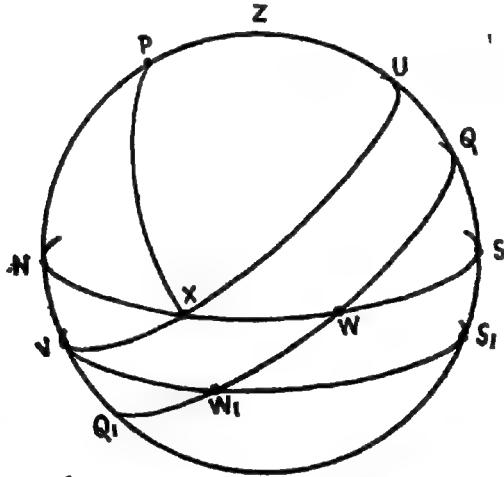
করিবে। মনে করুন সূর্য W হইতে W_1 পর্যন্ত দ্রম্য করিতে যে সময় অতিবাহিত হয় সেই সময় গোম্বুরি সময়ের সমান। যদি

L N W W₁ কে আমবা ঘণ্টায় পৰিণত কৰি তাহা হইলে আমবা গোধূলিৰ সময় পাইব। কিন্তু সূৰ্য 24 ঘণ্টায় একবাৰ মহাবিষুব বৃত্তকে প্রদক্ষিণ কৰে। অতএব 18° পথ প্রদক্ষিণ কৰিতে ইহাব

$$\frac{24}{360} \times 18^\circ = 1 \text{ ঘণ্টা } 12 \text{ মিনিট সময় লাগিবে।}$$

৩৫.৬.৪. সাৰাবাত্ৰি গোধূলি-কাল দ্বায়ী হইবাব শর্ত

মনে ককন স্থানীয় অক্ষাংশ এবং δ = সূৰ্যেৰ নতি। মনে ককন N P Z S, N W S এবং Q W Q₁ যথাক্রমে স্থানীয় মেৰিডিয়ান,



দিগন্তবৃত্ত এবং মহাবিষুব বৃত্ত। P. N. W প্রভৃতিৰ স্বকীয় তাৎপৰ্য পূৰ্বেৰ শ্রাৰ গ্রহণ কৰিতে হইবে। দিগন্তবেদ্য হইতে 18° নীচে এবং ইহাব সমান্তৰাল কৰিয়া V W₁ S₁ বৃত্ত অংকন কৰা হইল। মনে ককন U X V সূৰ্যেৰ ঐ দিনকাৰ ভ্রমণপথ এবং U মধ্যাহ্ন এবং V মধ্যৰাত্ৰিৰ অবস্থান। যেহেতু V বিন্দুটো মেৰিডিয়ান, V W₁ S₁ এবং U X V এব সাধাৰণ বিন্দু, অতএব যদি সাৰাবাত্ৰি গোধূলি দ্বায়ী হয় তাহা হইলে গোধূলি শেষ হইবাব সাধে সাথেই ভোৰ আৰম্ভ হওবা প্রযোজন। স্মতবাং মধ্যৰাত্ৰিতে সূৰ্যেৰ অবস্থান V বিন্দু অথবা উহাব

উপরে হওয়া প্রযোজন। অতএব সাবাবাজি গোখুলি স্বারিহেব জন্ত
 $NV \leq 18^\circ$

অথবা, $PV - PN \geq 18^\circ$

অথবা, $90^\circ - \delta - \phi \leq 18^\circ$

অথবা, $72^\circ \leq \delta + \phi$.

১৫.৬.৫. গোখুলি সারারাজি স্থানী হইবার সর্বান্ন স্থানীয় অক্ষাংশ
 আমবা পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে দেখিবাছি যে সারারাজি গোখুলি স্থানী
 থাকিতে হইলে $\phi + \delta > 72^\circ$

শর্তটি পালিত হওয়া প্রযোজন। এখন উক্তব গোলায়র্ষে সূর্যের নতি
 δ -এব সর্বাধিক মান $= 23^\circ 27'$ অতএব

$$\phi > 72^\circ - 23^\circ 27',$$

$$\text{অথবা } \phi > 48^\circ 33',$$

হইলে ঐ স্থানে জুন মাসের ২২ তারিখে সাবাবাজি গোখুলি স্থানী হইবে।

যেখানকার স্থানীয় অক্ষাংশ $48^\circ 33'$ -এর অধিক সেই সমস্ত স্থানে
 কয়েক বারি খবিবা গোখুলী সারারাজি স্থানী থাকিবে। অর্থাৎ স্থানীয়
 অক্ষাংশ $\phi > 48^\circ 33'$ হইলে, যেদিন সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ হইবে সেই
 দিন হইতে আবহ কবিষা পুনরায় সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ না হওয়া পর্যন্ত
 গোখুলি সাবাবাজি স্থানী থাকিবে।

১৫.৬.৬. গোলক ত্রিকোণমিতির (Spherical Trigonometry)

সাহায্য বৎসরের যে-কোন দিনে ϕ -স্থানীয় অক্ষাংশে

গোখুলির স্থানী কাল নির্ণয় করা যায়

মনে করুন যে-কোন দিনে সূর্যের নতি $= \delta$. মনে করুন ZX_1 এবং
 ZX_2 যথাক্রমে ভোর আরস্ত এবং শেষ হইবার সময়েব জেনিথ দূরত্ব।

$$\text{ভোরের স্থানীকাল} = \frac{\angle X_1 P X_2}{15} \text{ ঘণ্টা।}$$

এখন গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ ZPX_1 -এর

$$PZ = 90^\circ - \phi, \quad PX_1 = 90^\circ - \delta.$$

$$\text{এবং } \angle ZX_1 = 90^\circ + 18^\circ$$

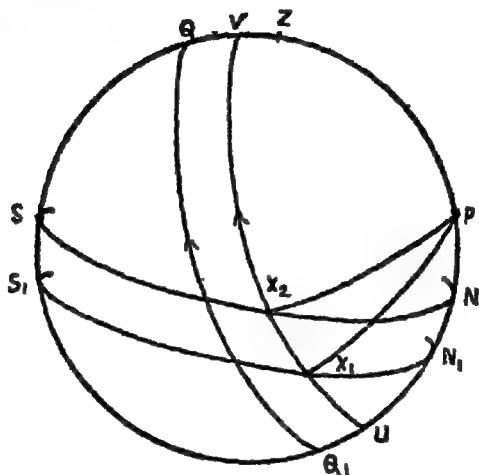
$$\angle ZPX_1 = h_1$$

অতএব $\cos(90^\circ + 18^\circ) = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h_1$ (১)

তেমনি ত্রিভুজ ZPX_2 হইতে $PZ = 90^\circ - \phi$, $PX_2 = 90^\circ - \delta$,

$$ZX_2 = 90^\circ \quad \angle ZPX_2 = h_2$$

অতএব $\cos 90^\circ = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h_2$ (২)



(১) হইতে আমবা পাই

$$\cos h_1 = \frac{-\sin 18^\circ - \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

এবং (২) হইতে আমবা পাই

$$\cos h_2 = -\tan \phi \tan \delta$$

$$\text{অতএব } h_1 - h_2 = \cos^{-1} \left[-\frac{\sin 18^\circ + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right]$$

$$- \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta).$$

সুতরাং ভোব বেলাব স্থায়ীকাল

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{15} (h_1 - h_2) = \frac{1}{15} \left\{ \cos^{-1} \left[-\frac{\sin 18^\circ + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right] \right. \\ &\quad \left. - \cos^{-1} [-\tan \phi \tan \delta] \right\} \end{aligned}$$

বিশুব অঞ্চলে $\phi = 0$

অতএব $h_1 = \cos^{-1} \left(-\frac{\sin 18^\circ}{\cos \delta} \right)$ এবং

$$h_2 = \cos^{-1}(0) = 90^\circ$$

যখন $\delta = 0^\circ$ তখন $h_1 = 108^\circ$

$$\therefore h_1 - h_2 = 18^\circ$$

অতএব স্বাধীকাল = $\frac{18}{15}$ ঘণ্টা = ১ ঘণ্টা ১২ মিনিট। মেক বিন্দুতে

$\phi = 90^\circ$ এবং বিশুব বৃত্ত দিগন্তের সহিত মিশিবা যাম এবং সূর্যের দৈনিক পথ দিগন্তের সহিত সমান্তরাল হইরা থাকে এবং সূর্য 'ছব্বমাস দিগন্তবেষ্টিত উপরে এবং ৬ মাস দিগন্তবেষ্টিত নীচে থাকে। এই অঞ্চলে গোখুলি প্রায় $4\frac{1}{2}$ মাসকাল স্বাধী হব। অতএব প্রকৃত বাত্রি প্রায় $1\frac{1}{2}$ মাস কাল স্বাধী থাকে।

উদাহরণ ১৬। কোন একদিনে সূর্যের নতিব পরিমাণ $+15^\circ$, যদি গোখুলি সাবাবাজি স্বাধী থাকে তাহা হইলে সর্ব নিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন।

এখানে মনে করুন স্থানীয় অক্ষাংশ $= \phi$

গোখুলি সাবাবাজি স্বাধী হইতে হইলে

$$\phi + \delta \geq 72^\circ$$

$$\text{সর্ব নিম্ন অক্ষাংশ} = \phi = 72 - \delta = 72^\circ - 15^\circ = 57^\circ.$$

- প্রশ্নমালা-১৪

১। $54^\circ 0'$ উঃ অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানের সূর্যের কত নিম্ন নতিতে গোখুলি সাবাবাজি স্বাধী হইবে?

২। সূর্যের নতি $15^\circ 16'$ হইলে সর্ব নিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশে গোখুলি সাবাবাজি স্বাধী হইবে?

৩। মস্কো, কাভিক হেলসিকি প্রভৃতি স্থানের স্থানীয় অক্ষাংশ যথাক্রমে $55^{\circ}40'N$, $51^{\circ}N$, $60^{\circ}20'N$ হইলে সূর্যের সর্বনিম্ন কত “নতিতে” গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

৪। কোন্ কোন্ স্থানে সূর্যের 18° এবং 10° নতিতে গোখুলি ঠিক ১২ ঘণ্টাকাল স্থায়ী হইবে?

৫। “গোখুলি” সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত একটি বিবরণ লিখ। কেন গোখুলি স্থায়ীকাল বৎসরের বিভিন্ন সময়ে পৰিবর্তন হয়? সর্বনিম্ন কোন্ স্থানীয় অক্ষাংশে গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

৬। “গোখুলি” কি কাৰণে সংঘটিত হয়? Paris ($\phi=48^{\circ}50'$) শহরে কি কখনও গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে? কাৰণ বর্ণনা কবিয়া উত্তর দিন। প্রমাণ ককন যে গোখুলির স্থায়ীকাল স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ এবং সূর্যের নতির উপর নির্ভর করে।

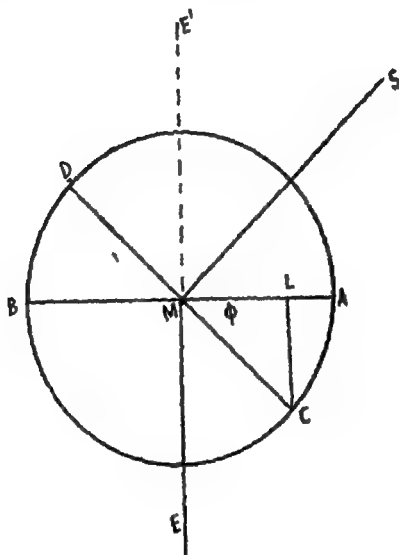
৭। একই স্থানে বৎসরের বিভিন্ন সময়ে কেন গোখুলির স্থায়ী কালের তাবতম্য ঘটে? ঢাকা শহরে কি গোখুলি-সাবাবাজি বিবাজ কবিত্তে পাবে? কাৰণ দর্শাইয়া উত্তর লিখুন।

১৫৭. চন্দ্র সম্বন্ধে আরও কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫৭১ কৌণিক ব্যাবধান (Elongation)

পৃথিবী হইতে চন্দ্র এবং সূর্যের মধ্যে যে কৌণিক ব্যাবধান দেখা যায় তাহাকে Elongation বলে। চন্দ্র এবং সূর্যের পৰস্পর আপেক্ষিক অবস্থানের জন্য Elongation-এর পৰিমাণ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায়। ইহাৰ ফলে চন্দ্রের “কলা বৃদ্ধি” (phase) পরিলক্ষিত হয়। সূর্যের আলো চন্দ্রের উপর পতিত হওয়ার ফলে সর্বদাই চন্দ্রের অর্ধেক অংশ আলোকিত থাকে। কিন্তু আমরা পৃথিবী হইতে এই আলোকিত অংশের সবটুকু দেখিতে পাই না। যেটুকু আমরা দেখি সেটুকুর পৰিমাণ চন্দ্রের Elongation-এর উপর নির্ভর করে।

মনে করুন M চন্দ্রের কেন্দ্র MS সূর্যের দিকে অঙ্কিত সরলরেখা।
 $E'ME$ পৃথিবীর দিকে অঙ্কিত সরলরেখা। মনে করুন $A M B$ ।
 $E'E$ -এর উপর এবং CD, MS এর উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্ত।



AMB কক্ষের কতিপ অংশ ACB পৃথিবীর দিকে এবং CMD কক্ষের কতিপ অংশ সূর্যের দিকে অবস্থিত। অতএব আলোকিত অংশটুকু AC আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। এখন

$$\angle AMC = \angle E'MS = 180^\circ - \angle EMS$$

$$\text{সুতরাং } \phi = 180^\circ - \text{Elongation.}$$

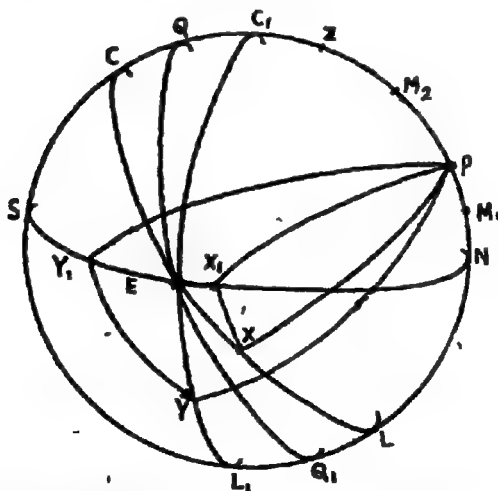
এখন আমরা চন্দ্র-পৃষ্ঠের যে অংশটুকু আলোকিত দেখিব তাহাব পরিমাণ AL সুতরাং

$$AL = AM - LM = r(1 - \cos AMC)$$

$$\therefore AL = r(1 - \cos \phi)$$

১৫.৭.২ হারভেস্ট মুন (Harvest moon)

চন্দ্র প্রতিদিনে প্রায় ৫০.৪৭ মিনিট পর উদয় হয় এবং অস্ত, বায়। চন্দ্রেব এই ধীর গতি (Retardation) স্থানীয় অক্ষাংশ এবং চন্দ্রেব নতি (declination)-এব উপর নির্ভর করে। চন্দ্রেব সর্বাধিক নতিব পরিমাণ $28^{\circ}36'$ হওয়ায় সর্ব নিম্ন $61^{\circ}24'$ অক্ষাংশে চন্দ্র এক নক্ষত্র বেটেনকারী জ্যোতিষ্কেব অবস্থা ধারণ করে। সেপ্টেম্বর মাসের ২৩ তারিখেব (autumnal equinox) কাছাকাছি সময় বে পূর্ণিমা পাওয়া যায় (full moon) তাহাকে Harvest moon বলে। উত্তর গোলার্ধে এই সময় চন্দ্রেব “ধীর গতি” (Retardation)-এব পরিমাণ কম হয় অর্থাৎ পূর্ণিমাব পর পর কয়েক রাত্রি ধরিয়া চন্দ্র অপেক্ষাকৃত ভাড়া-ভাড়ি উদয় হয় এবং নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে এই সময় কৃষকেরা কয়েক-বারি বাবৎ মাঠে কাজ করিতে পারে। সূর্য যখন autumn equinox-এ থাকে তখন পূর্ণিমাব বারিভে চন্দ্র vernal equinox-এ অবস্থান করে এবং সূর্যাস্তের সময় পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয়।



মনে করুন এলিপটিককে চন্দ্রেব কক্ষপথ কল্পনা করিলাম। দিগন্ত-রেখাব সহিত এলিপটিকের কোণিক ব্যবধান $90^{\circ}-\phi-23^{\circ}27'$ হইতে

$90^\circ + \phi + 23^\circ 27'$ পর্যন্ত হইতে পারে। যখন γ (vernal equinox) পূর্ববিন্দু E-তে উদয় হয় তখন এই কৌণিক ব্যবধান সর্বাপেক্ষা কম। আন্বিকগতির ফলে 24 ঘণ্টা পরে γ আবার E বিন্দুতে ফিরিয়া আসে কিন্তু চন্দ্র $50.47'$ মিনিট পবে উদয় হয়। অতএব এই সময় চন্দ্র X বিন্দুতে অবস্থান করিবে, যেন $EX = \frac{50.47}{4}$ (ডিগ্রী)। মনে করুন Q E Q'-এর সমান্তরাল করিবা XX_1 অঙ্কন করা হইল। তাহা হইলে পূর্ণিমা পবদিন সন্ধ্যায় চন্দ্র X_1 বিন্দুতে উদয় হইবে এবং এই অবস্থানে পূর্বদিন অপেক্ষা $\frac{LXPX_1}{15}$ ঘণ্টা পরে চন্দ্রোদয় হইবে।

আবার, যদি সূর্য γ বিন্দুতে থাকিবার সময় পূর্ণিমা হয় তাহা হইলে পূর্ণিমা পবদিন $\frac{LYPY_1}{15}$ ঘণ্টা পবে চন্দ্রোদয় হইবে।

এখানে $\frac{LYPY_1}{15} > \frac{LXPX_1}{15}$ হওয়ায় পূর্ববর্তী অবস্থান চন্দ্রোদয় প্রত্যক্ষ হইবে।

এখন চন্দ্রের কক্ষপথকে এক্সিপটিকের স্বাভাবিক না ধরিলে, যদি আপন কক্ষপথের সহিত এক্সিপটিকের ছেদ বিন্দু হইতে উপরের দিকে চলিবার সময় পূর্ণিমার সময় হয় তাহা হইলে চন্দ্রের কক্ষপথ দিগন্তবোধ্য আবও নিকটে থাকিবে এবং $\frac{LXPX_1}{15}$ এর মান আবও কম হইবে।

১৫.৮. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৮.১. কখন চন্দ্রগ্রহণ ঘটিয়া থাকে?

মনে করুন S এবং E যথাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীর কেন্দ্র, M, চন্দ্রের কেন্দ্র এবং চন্দ্রের পবিসীমার উচ্চতম অংশ B T বোঝায় সহিত কেবলমাত্র স্পর্শ করিয়াছে। এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘন ছায়া (Umbra) প্রবেশ করিতেছে এবং চন্দ্রগ্রহণ আরম্ভ হইতেছে।

$$\begin{aligned} \text{এখন } \angle TEU &= \angle ETB - \angle EOB \\ &= \angle ETB - \angle SEB + \angle EBT. \end{aligned}$$

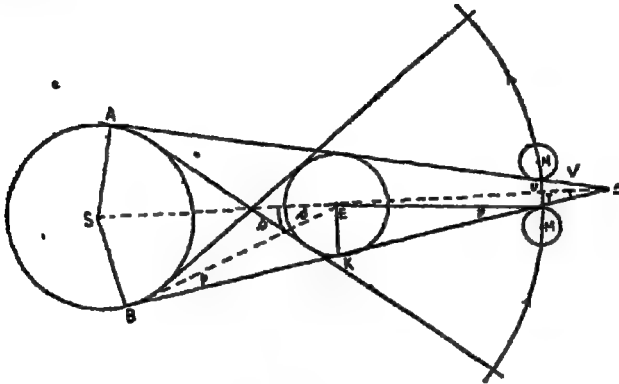
$$\text{কিন্তু } \angle ETB = \text{চন্দ্রের উদয়কালীন দ্রাঘি} = p$$

$$\angle EBT = \text{সূর্যের উদয়কালীন দ্রাঘি} = P$$

$$\text{এবং } \angle SEB = \text{সূর্যের কৌণিক ব্যাসার্ধ} = S$$

$$\therefore \angle TEU = p + P - S$$

$$\text{অথবা } \alpha = p + P - S, \alpha = \angle TEU \quad (১)$$



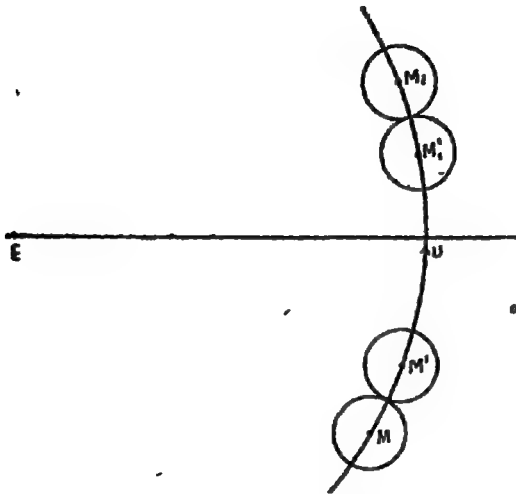
যখন চন্দ্রের পবিসীমার উচ্চতম অংশ T বিন্দুতে স্পর্শ কবে তখন হইতে চন্দ্রগ্রহণ আবৃত্ত হইবে, কেননা এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়া কোণেব (Umbra) ভিতর প্রবেশ করিতেছে। এই সময় $\angle MEU = \angle MET + \angle TEU$; কিন্তু $\angle MET = \text{চন্দ্রের কৌণিক ব্যাসার্ধ} = m$ অতএব

$$\angle MEU = \alpha + m = p + P - S + m \quad (২)$$

পূর্ণভাবে চন্দ্রগ্রহণ হইবার সময় চন্দ্রের কেন্দ্র M' বিন্দুতে আসে (নিম্নের চিত্র দেখুন)। ঘনছায়া কোণের অক্ষরেখা (axis) হইতে M' এর কৌণিক দূরত্ব $\angle M'EU$ এবং

$$\begin{aligned} \angle M'EU &= \angle TEU - \angle TEM' = \alpha - m \\ &= p + P - S - m \end{aligned} \quad (৩)$$

যখন চন্দ্রেব কেন্দ্র M_1' বিন্দুতে আসে তখন পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইতে থাকে। এই সময় M_1' -এব কৌণিক দূরত্ব $p+P-S-m$ অবশেষে



আংশিক চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইবার কালে চন্দ্রেব কেন্দ্র M_1 -এব অবস্থানে আসে এবং তখন M_1 -এর কৌণিক দূরত্ব $\angle M_1EU = p+P-S+m$ স্মৃতবাং উপরেব আলোচনা হইতে দেখা যাইতেছে যে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ স্বাবী হইতে চন্দ্রেব কেন্দ্র মোট $2(p+P-S-m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম কবে এবং আংশিক চন্দ্রগ্রহণের স্বাবিষকালে কেন্দ্রবিন্দু $2(p+P-S+m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম কবে।

উদাহরণ ১৭। $p=57^{\circ}2'7''$, $P=8^{\circ}79'$, $S=16^{\circ}1'$, $m=15^{\circ}34'$
এবং চন্দ্রেব সাইনডিক পিবিবড (চান্দ্রমাস) = 29 53 দিন হইতে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের স্বাবিষকাল নির্ণয় কবন।

$$p+P-S = (57^{\circ}2'7'' + 8^{\circ}79' - 16^{\circ}1') = 41^{\circ}10'49''$$

$$p+P-S-m = 41^{\circ}10'49'' - 15^{\circ}84'$$

$$= 25^{\circ}36'49''$$

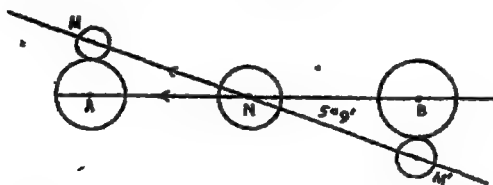
$$\therefore 2(p+P-S-m) = 51^{\circ}12'98''$$

$$\text{চন্দ্রের প্রতি ঘণ্টার গতি} = \frac{360^\circ}{29.53 \times 24} = 30' 5''$$

$$\therefore \text{চন্দ্রগ্রহণের স্বাবীকাল} = \frac{51' 12'' 98}{30' 05''} = 1 \text{ ঘ } 44 \text{ মি (প্রায়)}$$

১৫৮২ চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা (lunar ecliptic limit)

চন্দ্রের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত প্রায় $5^\circ 9'$ কোণে অবস্থান করে। চন্দ্রের কক্ষতল (plane of lunar orbit) পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত একটি সর্বলম্বোখ্য ছেদ করে। এই সর্বলম্বোখ্য পৃথিবীর কক্ষপথকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে সেই দুই বিন্দুকে ছেদ-বিন্দু (nodes) বা নোডাল বিন্দু বলে। যখন কোন পূর্ণিমা-সময় চন্দ্র একটি ছেদ-বিন্দুর অবস্থান, অতিক্রম কবির সময় চন্দ্রগ্রহণ ঘটে তখন সূর্য হইতে এক্ষিপটকে উপর অথবা ছেদ-বিন্দু বা নোডাল বিন্দুর বৃহত্তম দূরত্বকে lunar ecliptic limit বা চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা বলে। এই সীমার মান চন্দ্রের ভূ-কেন্দ্র হইতে দূরত্ব এবং চন্দ্রের কক্ষতলের নতি (inclination)-এর উপর নির্ভর করে।

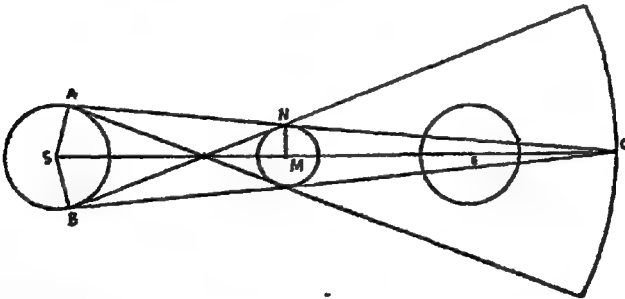


মনে করুন যে NM চন্দ্রের কক্ষপথ এবং NA ইহার এক্ষিপটিক। মনে করুন পৃথিবীর ঘনচ্ছায়া (umbra) অঞ্চলের কেন্দ্র A এবং চন্দ্র যখন ঘনচ্ছায়ায় স্পর্শ করে তখন ইহার কেন্দ্র M এই সময় আনুগত্য চন্দ্রগ্রহণ আবৃত হইলে M-এর মহাকাংশ $AM = p + P - S + m$ -এর সমান হইবে। গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ ANM হইতে আমরা NA এর দূরত্ব পাইতে পারি। যেহেতু চন্দ্রের কক্ষপথের নতি এবং AM-এর মান হ্রাস-বৃদ্ধি পায়। অতএব NA-এর মানেরও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

থাকে। আবার এই সমব সূর্যের কেন্দ্র A-এর বিপরীত দিকে এক্লিপ-টিকের উপর অবস্থিত। অতএব অপব নোডাল বিন্দু হইতে সূর্য-কেন্দ্রের দূরত্ব NA-এব সমান। সম্ভাব্য চন্দ্রগ্রহণের সময় NA-এর মান অর্থাৎ সূর্য হইতে নিকটবর্তী নোডাল বিন্দুর দূরত্ব একটি বৃহত্তম মান (major ecliptic limit) এবং একটি ক্ষুদ্রতম মান (minor ecliptic limit)-এব মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি কোন পূর্ণিমার সময় নিকটতম নোডাল বিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব উপবিস্থিত বৃহত্তম মান অপেক্ষা অধিক হয় তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। বৃহত্তম এবং নিম্নতম মানের পবিম্বাণ বথাক্রমে $12^{\circ}15'$ এবং $9^{\circ}30'$ বলিয়া জানা গিয়াছে।

১৫৮.৩. চন্দ্রের ছায়া কোণ (shadow cone)-এর অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য (axis length)

মনে করুন S, M, E বথাক্রমে সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এবং ইহাবা একই সরলরেখায় অবস্থিত। এমন অবস্থা অমাবস্তা (new moon) সময় চন্দ্র যখন নোডাল বিন্দুতে থাকে তখন সম্ভব হয়।



অনুরূপ ত্রিভুজয (similar triangles) ONM এবং OAS হইতে আমরা পাই

$$\frac{OM}{OS} = \frac{MN}{SA} \quad \text{অথবা} \quad \frac{OM}{OM+MS} = \frac{r'}{R}$$

(r' =চন্দ্রের ব্যাসার্ধ, R =সূর্যের ব্যাসার্ধ)।

$$\text{অথবা } OM (R - r') = MS r'$$

$$\text{অথবা } OM = \frac{r'}{R - r'} MS$$

$$\text{কিন্তু } R = 432,000 \text{ মাইল, } r' = 1080 \text{ মাইল}$$

$$ES = 3005,000 \text{ মাইল, } EM = 238,857 \text{ মাইল}$$

$$\therefore MS = ES - EM = 92,766,143 \text{ মাইল}$$

$$\text{অতএব } OM = \frac{1080}{432,000 - 1080} \times 92,766,143 \text{ মাইল}$$

$$= 232,496 \text{ মাইল (প্রায়)}$$

যেহেতু পৃথিবী এবং চন্দ্রের কক্ষপথ সম্পূর্ণ বৃত্তাকার নহে, ES এবং EM-এর মান ঐক্য (const) নহে। অতএব MS-এর মানও হ্রাস বা বৃদ্ধি পাবে। OM-এর মান 228,600 মাইল এবং 236,400 মাইলের সীমার মধ্যে থাকে। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায় 3960 মাইল, অতএব যদি EM-এর মান (OM + 3960) মাইলের চেয়ে অল্প হয়, তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে অর্থাৎ যদি

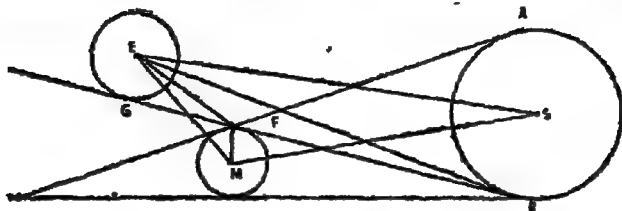
$EM < 228,600 + 3960 = 232,560$ মাইল হয়, তাহা হইলে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ (total solar eclipse) ঘটিবে। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব 252,710 এবং 225,463 মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি চন্দ্র ন্যূনতম দূরত্বে অবস্থান করিবার সময় অগাধ-শ্রী ঘটে তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ ঘটিবেই। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের হেলান অদৃশ্য বা নতিব-জন্য সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইতে হইলে চন্দ্রকে অগাধ-স্রাব সময় নোডাল বিন্দুতে বা ইহার অতি নিকটে অবস্থান করিতে হইবে।

১৫৮.৪. সূর্যগ্রহণের শর্তাবলী

(ক) পূর্ণ (total) সূর্যগ্রহণঃ মনে করুন C বিন্দুতে পৃথিবী চন্দ্রের ছায়া বোঁধে প্রবেশ করিতে আবন্ত করিবার। C বিন্দুতে অবস্থানকারী পর্যবেক্ষক লক্ষ্য করিবেন যে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ আবন্ত হইতেছে। মনে

(গ) আংশিক সূর্যগ্রহণ (partial solar eclipse)

মনে করুন পৃথিবী G-বিন্দুতে চন্দ্রের আবছাষা (penumbra) কোণেব সহিত স্পর্শ করিবার। S, E, M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং



চন্দ্রের কেন্দ্র। এই অবস্থায় G বিন্দু হইতে আংশিক সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। EB, EF, EM, EG, MF, SM এবং SB যুক্ত করুন।

$$\begin{aligned}\text{এখন, } \angle SEM &= \angle SEF + \angle FEM \\ &= \angle SEB + \angle BEF + m \\ &= S + m + \angle EFG - \angle EBG \\ &= S + m + p - P\end{aligned}$$

$$\therefore \angle SEM = p - P + m + S. \quad (৬)$$

অতএব আমরা উপবেদ আলোচনা হইতে দেখিতেছি যে, অমাবস্যার সময় সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে তখন যখন

(১) চন্দ্র কোন একটি নোডাল বিন্দুতে অথবা ইহার নিকটে আসিবে ;

(২) চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্রযোগকারী সরলরেখা পৃথিবীর কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করিবে তাহার পরিমাণ $p - P + m - S$ অথবা $p - P - m + S$ অথবা $p - P + m + S$ হইতে হইবে।

এখন $p = 57'27''$, $P = 8'79''$, $m = 15'34''$, $S = 16'1''$ ধরিয়া আমরা পাই

(i) $p - P + m - S = 56'27''$ (পূর্ণ সূর্যগ্রহণ)।

(ii) $p - P - m + S = 57'21''$ (annular সূর্যগ্রহণ)

(iii) $p - P + m + S = 88'29''$ (আংশিক সূর্যগ্রহণ)

১৫.৮.৫. চন্দ্রের নোডাল বিন্দুগুলির এক্সিপটিকের উপর আবর্তন

চন্দ্রের নোডাল বিন্দুদ্বয় প্রতি বৎসর এক্সিপটিক বা পৃথিবীর কক্ষ-পার্শ্ব উপর প্রতি বৎসবে প্রায় $19^{\circ}21'$ করিয়া উর্দ্ধাদিকে (পিছনে) সরিয়া আসে। অতএব প্রতি বৎসরে সূর্য নোডাল বিন্দুদ্বয় হইতে মোট $(360^{\circ} + 19^{\circ}21')$ অথবা $379^{\circ}21'$ দূরে সবিধা যায়। অতএব একটি নোডাল বিন্দু হইতে 360° দূরে সরিয়া বাইতে সূর্যের মোট $\frac{365\frac{1}{4}}{379^{\circ}21'} \times 360^{\circ}$ অথবা 346.62 দিও প্রযোজন হয়। এই সম্বন্ধে চন্দ্রের নোডাল বিন্দুর সাইনডিক বৎসব বলে ১-এক চান্দ্র মাসে (29.53 দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে $\frac{360^{\circ}}{346.62} \times 29.53 = 30^{\circ}40'$ দূরে যায়।

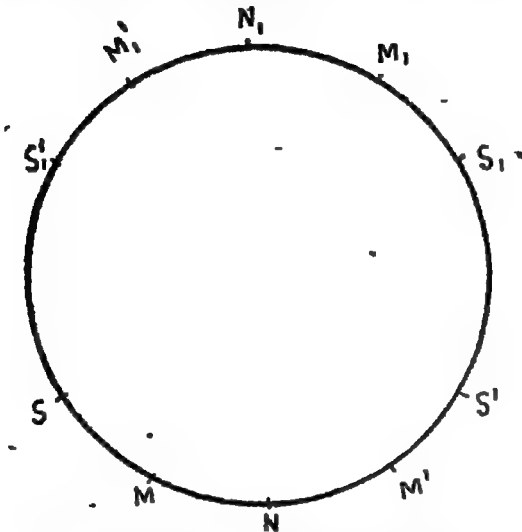
১৫.৮.৬. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণের সংখ্যা (এক বৎসবে)

চন্দ্রগ্রহণের এক্সিপটিকেব সীমা $12^{\circ}15'$ হইতে $9^{\circ}30'$ মিনিটেব মধ্যে অবস্থিত। তেমনি দেখানো যায় যে সূর্যগ্রহণেব এক্সিপটিকেব সীমা $18^{\circ}30'$ এবং $15^{\circ}21'$ মিনিটেব মধ্যে অবস্থিত।

মনে কখন যে এক্সিপটিকেব উপর N এবং N_1 দুইটি নোডাল বিন্দু SN, NS', S_1N_1, N_1S_1' সূর্যগ্রহণেব এক্সিপটিকেব সীমা এবং $MN', NM', M_1N_1, N_1M_1'$ চন্দ্রগ্রহণেব এক্সিপটিক সীমা। যেহেতু সূর্য-গ্রহণের এক্সিপটিক সীমাব সর্বাধিক মান $18^{\circ}30'$, অতএব $SS' = 2 \times 18^{\circ}30' = 37^{\circ} = S_1S_1'$

এখন এক চান্দ্রমাসে (1 lunation = 29.53 দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় $30^{\circ}40'$ মিনিট দূরে সরিয়া যায়। এই গতিব পরিমাণ 37° অপেক্ষা কম বলিয়া সূর্য SS' এলাকাব মধ্যে অবস্থান কবিবাব সমস্ত একবার অমাবস্তা (new moon) ঘটবেই। ইহা ছাড়া সুবিধাজনক অবস্থায় দুইটি অমাবস্তা ঘটিতে পারে। ইহাব অর্থ এই যে সূর্য একটি নোডাল বিন্দুব নিকটবর্তী এলাকাব অবস্থান কবিবাব সমস্ত অন্ততঃ একবার (কখনও কখনও দুইবার) সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে।

আবার যেহেতু চন্দ্রগ্রহণের এক্সিকেনট্রিক সীমার সর্বাধিক মান $12^{\circ}15'$ এবং $MM' - 2 \times 12^{\circ}15' = 24^{\circ}30' = M_1M_1'$ এবং এই মান $30^{\circ}40'$



হইতে কম, অতএব সূর্যের MM' এলাকার মধ্যে অবস্থান করিবার সম্ভব এক চান্দ্রমাসে একবার মাত্র পূর্ণিমা ঘটতে পারে এবং এই সম্ভব আমবা চন্দ্রগ্রহণ নাও দেখিতে পাবি।

এখন মনে করুন যে কোন সময়ে সূর্য S' উপর অবস্থিত হইল এবং তখন অমাবস্যার সময়ে সূর্যগ্রহণ দেখা গেল। এই সময়ের 14.765 দিন (অর্ধ চান্দ্রমাস) পর পূর্ণিমার সময়ে সূর্য N বিন্দুর নিকটে আসিবে এবং আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। আরও 14.765 দিন পর অর্থাৎ প্রথম সূর্যগ্রহণের এক চান্দ্রমাস পর সূর্য $30^{\circ}40'$ সন্নিহা যাইবে এবং তখনও সূর্য SS' -এর মধ্যে অবস্থানকালীন অমাবস্যা ঘটবে। অতএব এই সময়ে আবার আমবা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এইভাবে প্রথম সূর্যগ্রহণের 6 চান্দ্রমাস অর্থাৎ $6 \times 29.53 = 177.18$ দিন পর সূর্য $6 \times 30^{\circ}40' = 184^{\circ}$ ডিগ্রী নোডাল বিন্দু হইতে সন্নিহা যাইবে এবং এই সময়ে সূর্য S_1S_1' -এর মধ্যে আসিয়া পড়িবে। কিন্তু M_1 হইতে

দূবে রহিবে। আবার এই সময় অমাবস্তা বলিয়া আমবা তৃতীয় সূর্য গ্রহণ দেখিতে পাইব। এরপর $6\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর সূর্য N_1 বিন্দু নিকটে M_1M_1' সীমান মধ্যে আসিবা পড়িবে এবং এই সময় পূর্ণিমা বিধায় আমবা দ্বিতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিব। তাবপর 7 চান্দ্রমাস পর অমাবস্তার সময় সূর্য S_1' -এর নিকটে আসিবে এবং আমরা চতুর্থ সূর্য-গ্রহণ দেখিতে পাইব।

ইহাব এক চান্দ্রবৎসর অর্থাৎ $12 \times 29.53 = 354.36$ দিন পর সূর্য মোট $12 \times 30^\circ 40' = 368^\circ$ সরিয়া S হইতে প্রায় 8° দূবে সরিয়া যাইবে। এখন চন্দ্রের অমাবস্তার সময় সূর্য আবার SS' সীমান মধ্যে আসিবা পড়িবে। অতএব আমবা পঞ্চম সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব।

$12\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর অর্থাৎ $12\frac{1}{2} \times 29.53 = 369.125$ দিন পর পূর্ণিমার সময় সূর্য MM' সীমান মধ্যে আসিবা পড়িবে এবং আমবা তৃতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণ এক বৎসর পর সংঘটিত হইবে।

অতএব উপরের আলোচনা হইতে আমবা সিদ্ধান্ত কবিতে পারি যে এক বৎসরে সর্বাধিক 7টি “গ্রহণ” (eclipse) আমবা দেখিতে পারি। এই 7টি গ্রহণের মধ্যে 5টি সূর্যগ্রহণ এবং 2টি চন্দ্রগ্রহণ অথবা 4টি সূর্যগ্রহণ এবং 3টি চন্দ্রগ্রহণ ঘটতে পারে। শেবার্ড ঘটনা 1982 খ্রিস্টাব্দে ঘটিবে।

এখন আমবা সর্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণের সংখ্যা নির্ণয় করিব। মনে করুন কোন এক পূর্ণিমার সময় সূর্য তখনও পর্বন্ত M বিন্দুতে আসিবা পোছে নাই। অতএব এই পূর্ণিমায় আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। ইহাব অর্ধ চান্দ্রমাস পর অমাবস্তার সময় সূর্য N (নোডাল বিন্দু)-এর নিকটে আসিবে এবং আমরা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এক চান্দ্রমাস পর আবার পূর্ণিমার সময় সূর্য M' বিন্দু অতিক্রম কবিতে যাইবে এবং ফলে আমবা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। এইরূপে 6 চান্দ্রমাস পর পূর্ণিমার সময় সূর্য ইতিমধ্যে 180° অতিক্রম কবিতা তখনও M_1 বিন্দুর বাহির্ষে থাকিবে। অতএব আমবা এবারও চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব না। $6\frac{1}{2}$

চান্দ্রমাস পৰ আমাবন্ত্যৰ সময় সূৰ্য N_1 বিন্দুৰ নিকটে আসিবে এবং তখন আমবা দ্বিতীয় সূৰ্যগ্রহণ দেখিব। 7 চান্দ্রমাস পৰ পূৰ্ণিমাৰ সময়ও সূৰ্য M_1' বিন্দু অভিক্ৰম কৰিবা গিৰাছে এবং এই সময়ও আমবা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই না।

12½ চান্দ্রমাস অৰ্থাৎ 369.125 দিন পৰ সূৰ্য প্রথম পূৰ্ণিমাৰ 369.125 দিন পৰ আৰাৰ পূৰ্ণিমাৰ সময় 368° অৰ্থাৎ প্রথমাবস্থায় 8° দূৰে আসিবা পৰে তখন ইহা $M M'$ সীমাৰ মধ্য আসিবা পড়ে এবং এই সময় আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণেৰ সময় আসিতে তামাদেব এক বৎসবেৰ অধিক সময় অতিবাহিত হইবাছে।

অতএব আমবা সিদ্ধান্ত কৰিতেছি যে কোন এক বৎসবে সৰ্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণেৰ সংখ্যা দুই হইবে এবং এইক্ষেত্রে উভয়ই সূৰ্যগ্রহণ (Solar eclipse) হইবে।

১৫ ৮.৭ চ্যাল্ডিয়ান ছাবোস (Chaldean Saros)

আমবা দেখিবাছি যে চন্দ্রেৰ নোডাল বিন্দুৰ মোট 346 62 দিনে একপটকেৰ চাৰি পাশে একবাৰ ঘূৰিবা আসে। এখন 223 চান্দ্রমাসে $223 \times 29 53 = 6585 32$ দিন হয় এবং নোডাল বিন্দুৰ 19 বাৰ একপটকেৰ চাৰি পাশে আবর্তন কৰিতে 6585.78 দিন সময় লাগে। এই উভয় দিনগুলিৰ মধ্য প্রভেদ প্রায় 11 ঘণ্টা এবং এই সময়বেৰ মধ্য সূৰ্য একটী নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় 18' সন্নিবিষ্ট হয়। ফলে চন্দ্র, সূৰ্য এবং নোডাল বিন্দুগুলি পৰস্পৰেৰ অপেক্ষাৰ একই অবস্থানে প্রায় 6585½ দিন পৰ পৰ ফিৰিবা আসিবে। অৰ্থাৎ 6585½ দিন = 18 বৎসব 11 দিন পৰ সূৰ্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণেৰ সময়গুলিৰ পৰ্যায়ক্রমে পুনৰাবস্থি ঘটিবে।

পুৰাতন কালে chaldean জ্যোতিৰ্বিদেবা এই 18 বৎসব 11 দিনেৰ সময়বেৰ ব্যবধান আবিষ্কাৰ কৰিবাছিলেন এবং ইহাৰ নাম দিবাছিলেন "Saros" অতএব 18 বৎসব 11 দিনেৰ মধ্য সে সমস্ত চন্দ্রগ্রহণ এবং সূৰ্যগ্রহণ সংঘটিত হয় তাহাৰ পৰ সেগুলিৰ পুনৰাবস্থি হইতে থাকে। সাধাৰণতঃ 6585 দিনে মোট 43 সূৰ্যগ্রহণ এবং 28 চন্দ্রগ্রহণ ঘটিবা

থাকে। কিন্তু সূর্যগ্রহণ একই হইতে আগবা নাও দেখিতে পাবি। পৃথিবীর সন্ধীর্ণ অঞ্চল হইতে আমরা সূর্যগ্রহণ দেখি কিন্তু প্রায় অর্ধেকের বেশী এলাকা হইতে আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই।

প্রশ্নমালা—১৫

১। চন্দ্রগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং চন্দ্রগ্রহণের এন্ট্রিপাটক নির্ণয় করুন।

প্রমাণ করুন যে চন্দ্রের কেন্দ্র এবং পৃথিবীর ছায়া কোণের মধ্যে কোণিক দূরত্ব 56°-এর অধিক হইলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে এবং পূর্ণাঙ্গাস বা পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের জন্য এই দূরত্ব 26°-এর চেয়ে অধিক হইবে না।

২। সূর্যগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং কিভাবে তিন প্রকার সূর্যগ্রহণ আমরা দেখি তাহাও ব্যাখ্যা করুন। এক বৎসরে আমরা অধিকতম কতগুলি এবং ন্যূনতম কতগুলি সূর্যগ্রহণ এবং কতগুলি চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব এবং কেন দেখিতে পাইব তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দিন।

৩। চন্দ্রগ্রহণের স্বাবিষ্ট কাল নির্ণয় করুন।

৪। কেন আমরা প্রতি পূর্ণিমাতে চন্দ্রগ্রহণ দেখি না, তাহা বিশদভাবে আলোচনা করুন।

৫। কেন আমরা অঙ্গুরীক চন্দ্রগ্রহণ (annular eclipse) দেখি না তাহা আলোচনা করুন। মধ্যরাত্রিতে সূর্যগ্রহণ এবং দ্বিপ্রহরে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব কি? কারণ প্রদর্শন করুন।

৬। যদি Summer solstice-এর দিনে অর্থাৎ 23 সেপ্টেম্বর তারিখে আমরা পূর্ণচন্দ্রগ্রহণ দেখি এবং ঐ সময় যদি চন্দ্র জেনিথে অবস্থান করে তাহা হইলে, আমাদের স্থানীয় অক্ষাংশ কত হইবে?

৭। সূর্য এবং অমাবস্যা-র চন্দ্রের কেন্দ্র-সংযোগকালী সর্বলম্বণা পৃথিবীর কেন্দ্রে annular সূর্যগ্রহণের সম্ভব যে কোণ উৎপন্ন করে তাহাও পরিমাণ নিয়ে প্রদত্ত রাশিগুলির সাহায্যে নির্ণয় করুন :

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 8^{\circ}$
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 16'4''$
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 54'48''$
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 14'55''$
চান্দ্রমাসের সময়	$= 29\ 53$ দিন।

৮। নিম্নে প্রদত্ত বাশিগুলি হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণের শর্ত (condition)

নির্ণয় করুন :

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 8'7''$
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 15'53''$
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 58'56''$
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 16'3''$
চান্দ্রমাসের সময়	$= 29\ 53$ দিন।

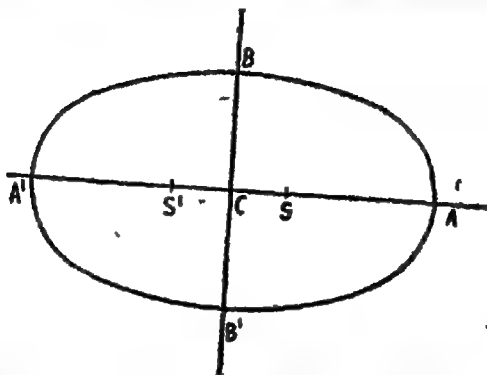
১৫.৯. গ্রহ এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে

১৫.৯.১ কেপলারের নিয়ম (Kepler's Laws)

Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদের ছাত্র Kepler গ্রহদের গতিবিধি লক্ষ্য কবিয়া তিনটি নিয়ম আবিষ্কার করেন। নিয়মগুলি নিম্নে প্রদত্ত হইল।

- প্রত্যেকটি গ্রহের ভ্রমণপথ বা কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত (ellipse) এবং সূর্য এই উপবৃত্তের একটি ফোকাসে (focus) অবস্থিত,
- সূর্য এবং গ্রহ যোগকাব্যী সৰলরেখা (radius vector) সম্মান সমান সময় ব্যবধানে সমান সমান ক্ষেত্রফলের এলাকা বর্ণনা করিবে ;
- প্রত্যেকটি গ্রহের সাইডেবিয়াল পিবিবডেব (গ্রহ বৎসর) বর্গ, সূর্য হইতে গ্রহ পর্যন্ত অঙ্কিত সৰলরেখার ঘনফলের অনুপাতে বৃদ্ধি পাইবে।

প্রথম নিয়ম : মনে করুন $A B A' B'$ একটি গ্রহের কক্ষপথ এবং সূর্য S বিন্দুতে অবস্থিত। কক্ষপথটি একটি উপবৃত্ত এবং $A A'$



উহাৰ সৰ্বতম ব্যাস। A বিন্দু S -এৰ নিকটতম বলিয়া ইহাকে পেরি-হিলিয়ান (perihelion) এবং A' দূৰতম বিন্দু বলিয়া ইহা অ্যাপ-হিলিয়ান (aphelion) বলে। মনে করুন e কক্ষপথটির "চ্যাপ্টাঘেব" (eccentricity) পরিমাণ।

উপরন্তেব সাধারণ ধর্ম হইতে আমবা পাই

$$SA = CA - CS = CA - e c \quad A = (1 - e) CA.$$

$$SA' = CA' + CS = CA + e c \quad A = (1 + e) CA.$$

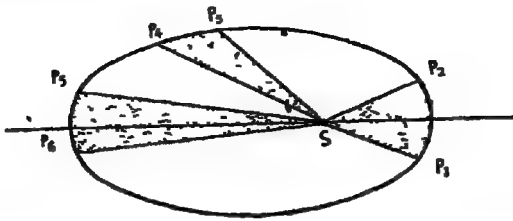
$$\frac{SA}{SA'} = \frac{1 - e}{1 + e}$$

$$\text{অথবা } e = \frac{SA' - SA}{SA' + SA}$$

$$\text{পৃথিবীর কক্ষপথের জন্য } e = \frac{1}{60} \quad (\text{প্রায়}) .$$

দ্বিতীয় নিয়ম : সূর্য হইতে গ্রহ যোগকারী সবলবেখাকে রেডিয়াম ভেক্টর (radius vector) বলে।

মনে করুন একটি গ্রহ একই সময় ব্যবধানে P_1 হইতে P_2 কিংবা P_3 হইতে P_4 কিংবা P_5 হইতে P_6 স্থানে আসে। তাহা হইলে দ্বিতীয় নিয়ম অনুসারে $P_1 S P_2$, $P_3 S P_4$, $P_5 S P_6$ -এব ক্ষেত্রফলগুলি সমান।



ভূতীয় নিয়ম : মনে করুন T_1, T_2, T_3 সময়ে বিভিন্ন গ্রহ আপন আপন কক্ষপথে একবার কবিষা আবর্তন কবে অর্থাৎ T_1, T_2, T_3 প্রভৃতি যথাক্রমে গ্রহগুলির সাইডেরিফাল পিরিড বা গ্রহবৎসব। আবণ্ড মনে করুন যে সূর্য হইতে গ্রহগুলির গড় দূরত্ব যথাক্রমে a_1, a_2, a_3, \dots । কেপ্‌লারের ভূতীয় নিয়মানুসারে

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = \dots$$

এখন পৃথিবীর জন্য $T_1 = 1$ এক বৎসব

$$a_1 = 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

এই দূরত্ব একক ধরিয়া আমবা অন্ত্যস্ত গ্রহের জন্য লিখিতে পারি

$$T_2^2 = a_2^3, \quad T_3^2 = a_3^3.$$

$$\text{অথবা, } T_2 = a_2^{3/2}, \quad T_3 = a_3^{3/2}, \dots$$

$$\text{অথবা, } a_2 = T_2^{2/3}, \quad a_3 = T_3^{2/3}$$

উদাহরণ ১৮। শনি গ্রহ $T_2 = 29.46$ বৎসব

$$a_2 = T_2^{2/3} = (29.46)^{2/3} = 9.54$$

অর্থাৎ পৃথিবীর তুলনায় সূর্য হইতে ৯.৫৪ গুণ দূরে শনিগ্রহ অবস্থিত।

$$\text{প্রকৃত দূরত্ব} = 9.54 \times 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

ইউরেনাস : $T = 84.015$ বৎসব

$$a = (84.015)^{2/3}$$

$$= 19.19$$

$$\text{ইউরেনাসের দূরত্ব} = 19.19 \times 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

১৫.৯.২.

নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়ম হইতে কেপলারের তৃতীয় নিয়ম নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়। মনে করুন m_1 , T_1 যথাক্রমে একটি গ্রহের বস্তুর পরিমাণ এবং উহা কক্ষপথে আবর্তনের সময় এবং M সূর্যের বস্তুর পরিমাণ। মনে করুন a_1 গ্রহটির সূর্য হইতে গড় দূরত্ব এবং ω_1 উহা কৌণিক গতি (angular velocity)। তাহা হইলে

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \quad (১)$$

সূর্য এবং গ্রহের মধ্যে পরস্পরের আকর্ষণজনিত যে গতি বৃদ্ধি (acceleration) ঘটে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{G}{a_1^2} (M + m_1), \quad G \equiv \text{মাধ্যাকর্ষণজনিত সংখ্যা} \quad (২)$$

$$\text{কিন্তু এই আপেক্ষিক গতি বৃদ্ধি} = \omega_1^2 a_1 \quad (৩)$$

অতএব (১), (২) এবং (৩) হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned} \frac{G}{a_1^2} (M + m_1) &= \omega_1^2 a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} a_1 \\ \frac{T_1^2}{a_1^3} &= \frac{4\pi^2}{G(M + m_1)} \end{aligned} \quad (৪)$$

একইরূপে, যদি m_2 , T_2 a_2 দ্বিতীয় গ্রহের অনুরূপ সংখ্যা স্বচনা করে, তাহা হইলে

$$\frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m_2)} \quad (৫)$$

(৪) এবং (৫) হইতে আমরা পাই

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} (M + m_1) = \frac{T_2^2}{a_2^3} (M + m_2) \quad (৬)$$

$$\text{অথবা, } \frac{T_1^2}{a_1^3} \left(1 + \frac{m_1}{M}\right) = \frac{T_2^2}{a_2^3} \left(1 + \frac{m_2}{M}\right) \quad (৭)$$

যদি গ্রহের বস্তুর পরিমাণের (m_1 , m_2) সহিত সূর্যের বস্তুর পরিমাণের অনুপাতকে আমরা নগণ্য মনে করি অর্থাৎ যদি

$$\frac{m_1}{M}, \frac{m_2}{M} \text{ প্রভৃতিকে বাদ দেই তাহা হইলে কেপলারের তৃতীয় নিয়মটি পাই অর্থাৎ } \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$$

১৫ ৯.৩. গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ।

মনে করুন m , a , T যথাক্রমে একটি গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ, উহাৰ গড় দূৰত্ব এবং পৰিক্রমণ সময় এবং m_1 , a_1 , T_1 যথাক্রমে গ্রহটির কোন একটি উপগ্রহের যথাক্রমে বস্তুর পৰিমাণ, গ্রহ হইতে গড় দূৰত্ব এবং পৰিক্রমণ সময়। তাহা হইলে গ্রহের জ্য

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{(M+m)G} \quad (b)$$

উপগ্রহের জ্য $\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{(m+m_1)G}$

এখন $\frac{m_1}{m}$ কে বর্জন করিয়া (নগণ্য বিষয়) আমবা শেবোক্ত সমীকরণকে লিখিতে পারি

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{mG} \quad (৯)$$

অতএব (b) এবং (৯) হইতে আমবা পাই

$$\frac{T^2 a_1^3}{a^3 T_1^2} = \frac{m}{M(1 + \frac{m}{M})}$$

অর্থাৎ $\frac{T^2 a_1^3}{T_1^2 a^3} \approx \frac{m}{M}$

$$\frac{m}{M} \approx \left(\frac{a_1}{a}\right)^3 \cdot \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 \quad (১০)$$

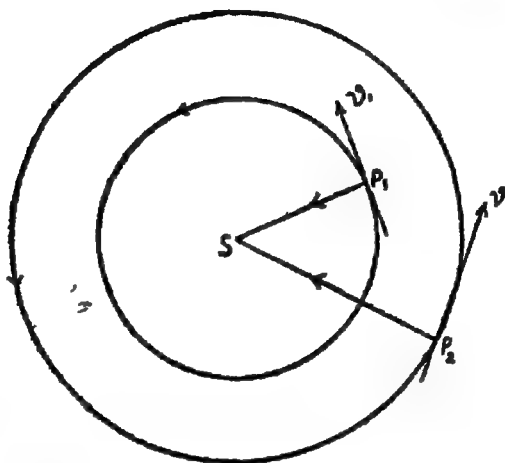
উদাহরণ ১৯। ইউবেনাসের ক্ষেত্রে উপগ্রহ Titania-এর জ্য

$$\left. \begin{array}{l} a=19.19 \text{ a.u.} \\ T=84.02 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} a_1=0.0293 \\ T_1=8.706 \text{ দিন} \end{array} \right\} \quad \frac{m}{M} \approx \frac{1}{22610}$$

১৫ ৯.৪ গ্রহের বৈখিক গতি

মনে করুন গ্রহগণের কক্ষপথগুলি স্বভাৱ। দুইটি গ্রহ বৈখিক v_1 এবং v_2 গতিতে আপন কক্ষপথে চলিতে চলিতে কোন একটি নির্দিষ্ট মুহুর্তে P_1 এবং P_2 বিন্দুতে আসিল। S সূর্যের অবস্থান স্থানাঙ্ক করিতেছে

এবং M_1, M_2 যথাক্রমে গ্রহ দুইটির বস্তুর পরিমাণ। যেহেতু গ্রহ দুইটি স্বত্বাকার পথে একই গতিতে (v_1 এবং v_2) পবিত্রমণ কবিত্তেছে অতএব



তাহাদেব কেন্দ্ৰাভিমুখী গতি বৃদ্ধি পবিত্রমণ যথাক্রমে $\frac{v_1^2}{r_1}$ এবং $\frac{v_2^2}{r_2}$ ($P_1S=r_1, P_2S=r_2$) কিন্তু মাধ্যাকর্ষণেব নিবমানুসাবে গ্রহ দুইটির গতি-বৃদ্ধি পবিত্রমণ যথাক্রমে

$$\frac{G(M+M_1)}{r_1^2} \text{ এবং } \frac{G(M+M_2)}{r_2^2} \quad (M=\text{সূর্যেব বস্তুর পরিমাণ})$$

এখন M -এব তুলনায় M_1 এবং M_2 -এব মানকে নগণ্য মনে কবিলে আগবা পাই

$$\frac{v_1^2}{r_1} = \frac{GM}{r_1^2}, \quad \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{GM}{r_2^2}$$

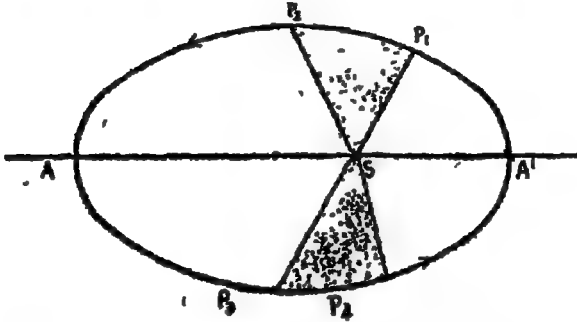
$$\text{অথবা } v_1^2 r_1 = v_2^2 r_2$$

$$\text{অথবা } v_1 \sqrt{r_1} = v_2 \sqrt{r_2}$$

ইহা হইতে আগরাসিদ্ধান্ত কবিত্তে পারি যে সূর্য হইতে, দূরত্বেব বর্গমূল স্বত বৃদ্ধি পাইবে, গ্রহের বৈখিক গতি সেই অনুপাতে হ্রাস পাইবে।

১৫৯৫. কেপলারের নিয়ম হইতে আমরা নিম্নে বর্ণিত সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে পারি :

মনে করুন একই সময় ব্যবধান t -তে একটি গ্রহ যথাক্রমে P_1SP_2 এবং P_3SP_4 ক্ষেত্র বর্ণনা করিল। কেপলারের দ্বিতীয় নিয়মানুসারে



ক্ষেত্রফল $P_1SP_2 =$ ক্ষেত্রফল P_3SP_4

যদি $\angle P_1SP_2 = x_1^\circ$, $\angle P_3SP_4 = x_2^\circ$ এবং $SP_1 = r_1$, $SP_3 = r_2$ হয়, তাহা হইলে

$$\text{ক্ষেত্রফল } P_1SP_2 = \frac{\pi r_1^2 x_1}{360} = \frac{\pi r_2^2 x_2}{360} = \text{ক্ষেত্রফল } P_3SP_4$$

$$r_1^2 x_1 = r_2^2 x_2 = h \text{ (মনে করুন)} \quad (১)$$

P_1 এবং P_3 বিন্দুতে যদি গ্রহটির কৌণিক গতিবেগ যথাক্রমে ω_1 এবং ω_2 হয়, তাহা হইলে

$$\omega_1 t = x_1, \quad \omega_2 t = x_2 \quad (২)$$

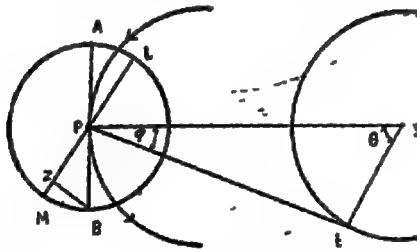
এবং (১) এবং (২) হইতে আমরা পাই

$$r_1^2 \omega_1 = r_2^2 \omega_2 = \frac{h}{t} \quad (৩)$$

সিদ্ধান্ত : A' বিন্দুতে (perihelion) কৌণিক গতি সর্বাধিক এবং A বিন্দুতে (aphelion) কৌণিক গতি সর্বনিম্ন হইবে।

১৫৯.৬ গ্রহের কলারুদ্বি (Phases of a planet)

গ্রহের নিজেব কোন আলো নাই ! সূর্যের আলো গ্রহ হইতে প্রতিফলিত হইয়া পৃথিবীতে ফিবিয়া আসে। আমরা টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিতে পাই যে চন্দ্রের যেমন কলারুদ্বি হয় তেমনিই গ্রহেবও কলারুদ্বি হইয়া থাকে। মনে করুন P একটি গ্রহের কেন্দ্র এবং r উহাব ব্যাসার্ধ। মনে করুন S এবং E বক্রাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীব অবস্থান। গ্রহেব যে অর্ধাংশ সূর্যের দিকে থাকে শুধু সেই অংশ আলোক পাই। কিন্তু এই আলোকিত অংশেব সবটুকু পৃথিবী হইতে দেখা যাব না। চিত্রে APB, LPM বক্রাক্রমে SP এবং EP-এব উপর অঙ্কিত লম্ব।



যদি BN, LM-এব উপর অঙ্কিত লম্ব হয়, তাহা হইলে গ্রহেব $\frac{LN}{LM}$ অংশ আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। উপবেব চিত্র হইতে

$$\text{আমরা পাই } \frac{LN}{LM} = \frac{LP + PN}{LM} = \frac{r + r \cos \phi}{2r} \\ = \frac{1}{2} (1 + \cos \phi) \quad (১)$$

একটি দূর্বর্তী (Superior) গ্রহের নৈজ্ঞে যদি $\phi = 0$ হয় তাহা হইলে $\cos \phi = 1$ এবং $\frac{LN}{LM} = 1$ হইবে এবং গ্রহকে আমরা পূর্ণিমাষ অবস্থায় দেখিব। অতএব যখন গ্রহটি পৃথিবীব দিগবীত দিকে সূর্যের সহিত সমান্তরে অবস্থিত তখন গ্রহটিকে পূর্ণিমাষ অবস্থায় দেখা যাইবে। আবার এই সমস্ত গ্রহেব জন্ত ϕ -এব মান সর্বদাই 90° অপেক্ষা কম হইবে। অতএব আমরা সর্বদাই গ্রহেব আলোকিত অংশেব অর্ধেকের বেশী দেখিতে পাইব।

নিকটবর্তী গ্রহেব জন্ত যখন গ্রহটি পৃথিবীর বিপরীত দিকে সূর্যেব সহিত সমস্থরে আসে তখন $\varphi=0$ এবং $\frac{LN}{LM}=1$, অতএব আমবা গ্রহেব আলোকিত অংশেব সবটুকু দেখিতে পাইব। আধাব যখন পৃথিবী এবং গ্রহ সূর্যেব একই পার্শ্বে সমস্থরে আসে তখন $\varphi=180^\circ$ এবং $\frac{LN}{LM}=0$ হওয়ায় আমবা গ্রহকে মোটেই দেখিতে পাইব না। অন্ত-অবস্থায় φ -এব মান নিম্ন উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

মনে করুন একটি গ্রহেব আপন কক্ষপথে আবর্তন সময় = T, এবং দূরবর্তী গ্রহেব জন্ত বিপরীত সমবেগ অবস্থান (opposition) অথবা নিকটবর্তী গ্রহেব জন্ত নিম্ন সমবেগ অবস্থানে (inferior conjunction) হইতে যে কোন অবস্থান পর্যন্ত নির্ণয় সময় = t. তাহা হইলে চিত্র হইতে $\theta = \angle ESP = \frac{360^\circ t}{T}$... (২)

আধাব SEP জিছুজ হইতে $SE=a$, $SP=b$ ধরিয়া আমবা পাই

$$b \sin \varphi = a \sin \angle SEP = a \sin (\theta + \varphi)$$

$$\tan \varphi = \frac{a \sin \theta}{b - a \cos \theta} \quad (৩)$$

অতএব φ এব মান নির্ণয় করা যায় এবং $\frac{LN}{LM}$ এব মান φ -এব সাহায্যে স্থির করা যায়।

উদাহরণ ২০। শুক্ততাবাব (Venus)-এব কলা (phase) = $\frac{1}{2}$ এবং $b=0.723 \text{ a.u.}$ হইলে সূর্য-গ্রহ যোগকালী সলবেখা পৃথিবীতে কোণ (elongation = $\angle PES$) উপর কবে, তাহা নির্ণয় ককন।

$$\text{আমবা জানি "কলা" (phase)} = \frac{1 + \cos \varphi}{2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1 + \cos \varphi}{2}$$

$$\cos \varphi = -\frac{1}{2}$$

$$\therefore \varphi = 120^\circ$$

$$\text{আবার } \tan \varphi = \frac{a \sin \theta}{b - a \cos \theta}$$

$$\text{অথবা, } \tan 120^\circ = \frac{\sin \theta}{.723 - \cos \theta}$$

$$\text{অথবা, } -\sqrt{3}(.723 - \cos \theta) = \sin \theta$$

$$\text{অথবা, } \sqrt{3} \cos \theta - \sin \theta = .723 \times 1.732$$

$$\text{অথবা, } 2 \cos (\theta + 30^\circ) = .723 \times 1.732$$

$$\text{অথবা, } \cos (\theta + 30^\circ) = .723 \times .866 = .6253$$

$$\therefore \theta + 30^\circ = 51^\circ 18'$$

$$\text{অথবা } \theta = 21^\circ 18'$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } \angle \text{PES} &= 180^\circ - (\theta + \varphi) \\ &= 180^\circ - (21^\circ 18' + 120^\circ) \\ &= 180^\circ - 141^\circ 18' \\ &= 38^\circ 42' \end{aligned}$$

প্রশ্নমালা—১৬

১। শুক্তগ্রহের কক্ষপথে আবর্তন কাল 224.7 দিন এবং সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধান (elongation) 45° হইলে একটি Conjunction এবং বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানের সময়ে পার্থক্য কত হইবে, নির্ণয় করুন।

২। চিত্রের সাহায্যে প্রমাণ করুন যে শুক্তগ্রহের সূর্য হইতে কৌণিক ব্যবধান সর্বদাই সূক্ষ্মকোণ হইবে।

৩। Kepler-এর নিয়মগুলি বর্ণনা করুন। নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়মের সাহায্যে Kepler-এর তৃতীয় নিয়মটি বাহ্যিক করুন।

৪। দুইটি পব পব Opposition অবস্থার আসিতে শনিগ্রহের 378 দিন অতিবাহিত হইলে শনিগ্রহের সৌর-বৎসবে (Sidereal period) কত দিন আছে নির্ণয় করুন।

৫। কক্ষপথগুলিকে স্বতাকার একই সমতলে অবস্থিত কল্পনা-কবিশা
প্রমাণ করুন যে নিকটবর্তী গ্রহের গতিবেগ দূরবর্তী-গ্রহের গতিবেগ
অপেক্ষা বৃহত্তর।

৬। যদি ইউবেনাস গ্রহের গড় দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের 19 2 গুণ হয়,
তাহা হইলে গ্রহটির সৌরবৎসবে কত দিন আছে তাহা নির্ণয় করুন।

৭। শুক্রেগ্রহের সৌরবৎসবে 224 7 দিন আছে। ইহাৰ সাইনডিক
পিরিড কত নির্ণয় করুন।

৮। সূর্য হইতে শুক্রেগ্রহের দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের 0 72 গুণ হইলে
Kepler-এর তৃতীয় নিয়মের সাহায্যে গ্রহটির সৌরবৎসব নির্ণয় করুন।

৯। একটি গ্রহের সৌরবৎসব এবং সাইনডিক বৎসব কাহাকে বলে ?
উহাদের মাধ্যমে সঙ্গত তাহা নির্ণয় করুন। Pluto গ্রহের সৌর
বৎসব সংখ্যা 247 7 হইলে ইহাৰ সাইনডিক বৎসব কত নির্ণয় করুন।

১০। মঙ্গল গ্রহের সৌরবৎসবে 780 দিন আছে এবং ইহাৰ
কক্ষপথের ব্যাস পৃথিবীর কক্ষপথের ব্যাসের $1\frac{1}{2}$ গুণ। গ্রহটির opposition
অবস্থা হইতে quadrature অবস্থায় আসিতে কত সময় লাগিবে তাহা
স্থির করুন।

১১। একটি গ্রহের “সোজা” (direct) গতি এবং “উল্টা” (Re-
trograde) গতি বর্ণনা করুন। শুক্রেগ্রহ কোন এক সময়ে “সন্ধ্যাতারা”
এবং স্থির বলিয়া প্রতীয়মান হইলে ইহাৰ গতি কোন দিকে হইবে
তাহা স্থির করুন।

১২। একটি গ্রহের “কলা” কাহাকে বলে তাহা বর্ণনা করুন। নিকটবর্তী
এবং দূরবর্তী গ্রহের “কলা” কিভাবে বৃদ্ধি পায় তাহা বুঝাইয়া লিখুন।

১৩। “কলা” (phase) জানা থাকিলে কিভাবে গ্রহের সূর্য হইতে
কৌণিক দূরত্ব (elongation) পাওয়া যায় তাহা বর্ণনা করুন।

১৪। যদি সূর্য এবং শুক্রেগ্রহকে একই স্থানে জুনমাসের 1 তারিখে
উদয় হইতে দেখা যায় তাহা হইলে গ্রহটির কৌণিক দূরত্ব নির্ণয় করুন।

১৫। সূর্য হইতে একটি গ্রহের দূরত্ব 2760,000,000 মাইল এবং
অপর একটি গ্রহের সাইডেবিয়াল পিরিড 29 6 বৎসব হইতে প্রথম

গ্রহের সাইডেরিযাল পিরিষড এবং দ্বিতীয় গ্রহের সূর্য হইতে দূরত্ব কত নির্ণয় করুন।

১৬। বৃহস্পতি গ্রহের সূর্য হইতে দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের ৫২ গুণ। পৃথিবীর, বৃহস্পতি গ্রহ এবং সূর্য পব পব দুইবার সমরেখ হইতে কত সময় অতিবাহিত হইবে নির্ণয় করুন।

১৭। শনিগ্রহের সূর্য হইতে দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের ৭ গুণ। যে সময়ে গ্রহটির গতি উর্গটা দিকে হইবে সেই সময়ে স্বাবীকাল নির্ণয় করুন।

১৮। মঙ্গলগ্রহের দুইটি উপগ্রহের সাইডেরিযাল পিরিষড যথাক্রমে ৩০ ঘণ্টা এবং $7\frac{1}{2}$ ঘণ্টা হইলে উপগ্রহ দুইটির গ্রহ হইতে দূরত্বের অনুপাত নির্ণয় করুন।

১৯। নিম্নলিখিত জ্যোতিষগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখুন।

ষোড়শ অধ্যায়

নক্ষত্র, ছায়াপথ ইত্যাদি

১৬১. নক্ষত্রের দূরত্ব

সূর্যই পৃথিবীর নিকটতম নক্ষত্র। অন্যান্য নক্ষত্রগুলি পৃথিবী হইতে এত দূরে যে তাহাদের দূরত্ব নির্ণয় কবিতে হইলে দুই প্রকার একক ব্যবহার করা হয়। পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বকে একটি একক (Astro-nomical Unit বা A U) এবং দ্বিতীয় একক আলো-বৎসব (Light year)। এই দ্বিতীয়, এককে আলো-এক বৎসবে যে দূরত্ব অতিক্রম করে সেই দূরত্বকে বুঝায় অর্থাৎ

এক আলো-বৎসব = $186,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365$ মাইল।

ইহা ছাড়া কখনও কখনও “পারসেক” (parsec) নামক একটি একক ব্যবহার করা হয়। একটি নক্ষত্রেব পৃথিবীতে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টব্য পরিমাণ যদি $1''$ সেকেন্ড হয় তাহা হইলে সেই নক্ষত্রেব দূরত্বকে “এক পারসেক” বলে। নক্ষত্রেব দূরত্ব সাধারণতঃ “ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টব্য” (geocentric parallax) সাহায্যে নির্ণয় করা হয় বলিয়া এই একক ব্যবহার করা হয়।

1 পারসেক = 3.26 আলো-বৎসব।

উদাহরণ স্বরূপ মনে করুন আকাশে উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius (সিবিয়াস),-এর কৌণিক দ্রাষ্টব্য পরিমাণ = 0.379 অতএব এই নক্ষত্রেব দূরত্ব $206,265 / 0.379$ (A.U) অর্থাৎ $1 / 0.379 = 2.6$ পারসেক্ অথবা 8.6 আলো বৎসব

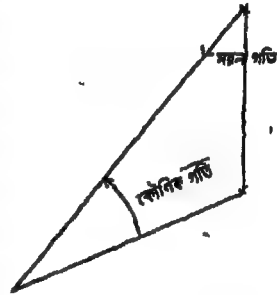
সূর্য হইতে $3\frac{1}{2}$ পারসেক্ দূরত্বেব মধ্যে প্রায় 15টি নক্ষত্রেব পবিচয় পাওয়া গিয়াছে। সূর্যের নিকটতম প্রতিবেশী α -Centauri (α -সেন্টাবী)। ইহা প্রকৃত পক্ষে দ্বি-নক্ষত্র (double star পবে দেখুন)।

নিম্নে আমরা নিকটবর্তী কয়েকটি নক্ষত্রের তালিকা দিলাম :

নাম	R.A.	নতি	আকার (magnitude)	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α-সেন্টবী	14 ঘ. 36 মিনি.	$-60^{\circ} 6$	1.7	4.3
লায়টেন (Layten)	1 ঘ 36 মিনি	$-18^{\circ} 2$	12	8.6
সিবিয়াস্ (Sirius)	6 ঘ 43.মিনি.	$-16^{\circ} 6$	8.4	8.6
61-সিগ্নি (cygni)	21 ঘ. 5মিনি.	38 5	6.3	10.9

১৬২. নক্ষত্রের গতি

১৭১৮ খ্রিস্টাব্দে এড্‌মাণ্ড হালাই সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে নক্ষত্র প্রকৃতপক্ষে স্থির নহে। তিনি মন্তব্য করেন যে টলেমীর পুৰাতন ক্যাটালগে (Catalogue) বর্ণিত উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলির প্রত্যেকে প্রায় চতুস্ত্রয়োদশ ব্যাস পরিমিত দূরত্বে সরিয়া গিয়াছে। নক্ষত্রগুলি পৰস্পর ইতঃস্ততভাবে গতিশীল এবং ক্রতবেগে তাহাৰা স্থান পৰিবর্তন কৰিতেছে। পৃথিবী হইতে তাহাদেৰ প্রায় অসীম দূরত্বেৰ জন্ত আমরা এই গতি সহজে বুঝিতে পারি না। জ্যোতিষবিদেরা নক্ষত্ৰেৰ



“কৌণিক গতি” (proper motion) এবং “সরল গতি” (radial motion) নির্ণয় কৰিতে সক্ষম হইয়াছেন (চিত্র দেখুন)।

বিভিন্ন সময়ে নক্ষত্ৰেৰ R. A. এবং নতির পরিমাণ নির্ধারণ কৰিয়া কৌণিক গতি পাওবা যায়। ইহা ছাড়া আধুনিক উপায়ে আকাশেৰ অংশবিশেষেৰ ফটোগ্রাফ লইয়াও এই কৌণিক গতিৰ অস্তিত্ব জানা গিয়াছে। প্রায় ২২ বৎসৰ সময়েৰ ব্যবধানে গৃহীত ফটোগ্রাফ হইতে Barnard's star নামক নক্ষত্ৰেৰ কৌণিক গতি নির্ণয় কৰা হইয়াছে। আবার নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত আলোৰ বর্ণি বিশ্লেষণ (spectrum) কৰিয়া এবং Doppler effect নামক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিৰ সাহায্যে নক্ষত্ৰেৰ সরল গতিৰ পরিমাণ নির্ণয় কৰা যায়। নক্ষত্ৰেৰ আলোৰ রশ্মিকে বিশ্লেষণ করিলে কতকগুলি লাইন (বেলা) পাওবা যায়। সরল গতিৰ জন্ত এই

লাইনগুলি স্থানচ্যুত হব। ইহা হইতে আশোব চেউয়ের দৈর্ঘ্য বাড়িতেছে কিংবা কমিতেছে তাহা স্থির করা যাব।

১৬.৩. নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার প্রকারভেদে শ্রেণীবিভাগ

উজ্জ্বলতাব প্রকারভেদে খালি চোখে দেখা যায় এমন নক্ষত্র-গুলিকে ৬টি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। উজ্জ্বলতম নক্ষত্রগুলিকে প্রথম শ্রেণীভুক্ত (first magnitude) করা হয় এবং ক্ষীণতম নক্ষত্র-গুলিকে ৬ষ্ঠ শ্রেণীর নক্ষত্র বলা হয়। প্রায় ২০টি নক্ষত্রকে প্রথম শ্রেণীর উজ্জ্বল নক্ষত্র বলিয়া ধরা হয়। প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র দ্বিতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রের চেয়ে প্রায় ২½ গুণ বেশী উজ্জ্বল।

নিম্নে উজ্জ্বলতাব সহিত শ্রেণীবিভাগের তুলনা করা হইল।

শ্রেণী	উজ্জ্বলতার মান
প্রথম শ্রেণী	100 গুণ
দ্বিতীয় শ্রেণী	39.8 গুণ
তৃতীয় শ্রেণী	15.85 গুণ
চতুর্থ শ্রেণী	6.31 গুণ
পঞ্চম শ্রেণী	2.512 গুণ
ষষ্ঠ শ্রেণী	1 গুণ

উপরোক্ত শ্রেণীবিভাগ পৌরাসিক বাল হইতে চলিত আনিতেছে। অধুনাবালে ফটোগ্রাফি এবং ফটোসেলের সাহায্যে নক্ষত্রগুলি প্রায়ঃ ক্ষুদ্রতম শ্রেণীতে বিভাগ করা হইয়াছে। অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় যে ক্ষুদ্রতম নক্ষত্র নিবন্ধে থাকায় বেশী উজ্জ্বল দেখায় কিন্তু বহুতম নক্ষত্র বেশী দূরে থাকায় তেমন উজ্জ্বল দেখায় না। এইজন্য শ্রেণী বিভাগের সহ প্রত্যেক নক্ষত্রকে 10 পারসেক দূরত্বে (32.6 আলোক-বর্ষের) বসানো বলিয়া উমান উজ্জ্বলতা স্থির করা হয়। এইজন্য প্রথম শ্রেণীবিভাগের সহ তথ্যস্বরূপ সংখ্যাও প্রের করা হয়।

একটি নক্ষত্র কতদূর আমাদের কাছে নির্ণয় করার জন্য দূরত্ব একটা ধরা হয়। সূর্যকে নক্ষত্রের দূরত্বে আসনা উপস্থিত নক্ষত্রের সহ তথ্যস্বরূপ নক্ষত্রের আনোমান হইলে নক্ষত্রের দূরত্ব ও উজ্জ্বলতা ১:১০

আলোময় বলা হইবে। সূর্যকে +48 শ্রেণীভুক্ত করা হইয়াছে এবং সিরিয়াস্ নক্ষত্রের শ্রেণী 1 কিন্তু সিরিয়াস্ ২০টি সূর্যের চেয়ে আলোময়। নীল বর্ণের নক্ষত্রগুলি সূর্য অপেক্ষা 100 গুণ বেশী আলোময় এবং সূর্য সাধারণ লাল বর্ণের নক্ষত্রগুলি অপেক্ষা প্রায় ঐ পরিমাণে বেশী আলোময়। লাল বর্ণের নক্ষত্রগুলি দুই প্রকারের। ইহাদের কতকগুলি সূর্য অপেক্ষা অধিক আলোময় বলিয়া ইহাদিগকে “Giant star” বলা হয় এবং যেগুলি অপেক্ষা সূর্য অধিক আলোময় সেগুলিকে “Dwarf star” বলা হয়। Arcturus এবং Capella সূর্য অপেক্ষা অনেক বেশী আলোময়।

১৬৪ নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল (Stellar atmosphere)

নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল সম্বন্ধে জানিতে হইলে ইহাৰ আলো বিশ্লেষণ কৰিয়া বিশ্লেষিত আলোৰ কটোগ্রাফ হইতে বাৰ্ত্তীৰ জ্ঞান লাভ কৰিতে হয়। ইহা পদার্থ বিজ্ঞানের একটি শাখা।

১৬৫ পরিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable stars)

কতকগুলি নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব তারতম্য হইতে দেখা যায়। কখনও কখনও অল্পপ্রকারেও নক্ষত্রের অবস্থাব তারতম্য হইতে পারে। এ পর্যন্ত আমাদের ছায়াপথে 14,708টি পরিবর্তনশীল নক্ষত্রের ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছে। পরিবর্তনশীল নক্ষত্রগুলিকে প্রধানতঃ তিনটি ভাগে ভাগ করা হইয়াছে যথাঃ eclipsing, pulsating এবং eruptive নক্ষত্র।

Pulsating নক্ষত্র : অনেক Giant নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব তারতম্য ঘটাব কারণ এই যে নক্ষত্রগুলি আদ্যতনে সঙ্কুচিত এবং প্রসারিত হইয়া থাকে। Delta Cephei একটি pulsating নক্ষত্র। ছায়াপথে এইরূপ আবও 500টি নক্ষত্র দেখা গিয়াছে। Polaris, Eta Aquilae, Zeta Geminorum এবং Beta Doradus প্রভৃতি নক্ষত্র ইহাদের অন্তর্ভুক্ত। Otto Struve প্রমুখ পণ্ডিতদের মতে এই সমস্ত নক্ষত্রের ভিতরের অংশ সঙ্কুচিত হওয়ার একপ্রকার ঢেউ সৃষ্টি হয়। এই ঢেউ বাহিবে বহিবার সময় photosphere এ অবস্থিত গ্যাসে ভীষণ আলোড়ন

সৃষ্টি করে এবং ফলে নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত বস্তু বিস্ফোরণ ফটোগ্রাফে পৰিবর্তন লক্ষ্য কবি। সৰ্বনিম্ন এবং সৰ্বাধিক উজ্জ্বলতাব্য মাঝামাঝি সময়ে আলো বস্তুতে ফটোগ্রাফে হাইড্রোজেন লাইনের যে অবস্থান, দেখা যায় উহাকে সৰ্বাধিক উজ্জ্বলতাব্য সময় সন্নিবিষ্ট বাইতে দেখা যায়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে ঐ সময় নক্ষত্রের photosphere-এব গ্যাস প্রসাৰিত হইয়া বাহিৰে আসে।

Eruptive নক্ষত্র : কতকগুলি নক্ষত্র সময় সময় আকস্মিকভাবে উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং পৰে আন্তে আন্তে পূৰ্বাবস্থায় ফিৰিয়া যায়। ইহাদিগকে Nova বলে। যেমন Nova Aquilae 1918 অৰ্থাৎ 1918 খ্রীষ্টাব্দে Aquilae বাণিব (Constellation) মধ্যে এই নক্ষত্রটিকে প্রথম দেখা গিয়াছিল। আমাদের Galaxy-তে প্রায় 100টি Nova আবিষ্কৃত হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে ছায়াপথেই প্রায় 25টি Nova পাওয়া গিয়াছে। বৰ্তমান শতাব্দীতে 5টি Nova প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্রের অন্তৰ্ভুক্ত হইয়াছে। Nova Persei 1901, Nova Aquilae 1918, Nova Pictoris 1925, Nova DQ Herculis 1934 এবং Nova CP Puppis 1942, নক্ষত্রগুলি Rigel, Spica এবং Deueb-এব মত উজ্জ্বল দেখা গিয়াছিল।

Nova-গুলি সাধাৰণতঃ পূৰ্ব অপেক্ষা আনতনে ছোট। ইহাদের উজ্জ্বলতা প্রায় 60,000 গুণ বৃদ্ধি পাইতে পারে। তাবপৰ আন্তে আন্তে স্বাভাবিক অবস্থায় ফিৰিয়া আসিতে প্রায় 20 হইতে 40 বৎসর সময় লাগে। কতকগুলি Nova একাবিকবার প্রচলিত হইয়া থাকে। ইহাদিগকে Recurrent Novae বলে। যেমন Nova T Coronae Borealis 1866 খ্রীষ্টাব্দে প্রচলিত হইয়া দ্বিতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রে পৰিণত হইয়াছিল এবং প্রায় দুই শতাব্দী সময়ের ব্যবধানে সঞ্চিত এবং নিশ্চিত হইয়া প্রায় নবম শ্রেণীর নক্ষত্রেৰূপ ধারণ করে। এই নক্ষত্রই আবার 1946 খ্রীষ্টাব্দে প্রচলিত হইয়া দ্বিতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রেৰূপ গ্রহণ করে। সেইরূপ Nova RS Ophiuchi 1898 এবং 1933 খ্রীষ্টাব্দে ষাটশ শ্রেণীর অল্প নক্ষত্রেৰূপ অবস্থা হইতে প্রচলিত হইয়া চতুর্থ শ্রেণীর

নক্ষত্রের রূপ ধারণ করে। আজকাল মনে করা হয় যে Nova-গুলি অত্যধিক তাপ বিকিরণ করিয়া আশ্বে আশ্বে নিঃসৃত হইয়া আসিতেছে। এই অত্যধিক তাপ বিকিরণের পূর্বমুহুর্তে আকাষে এই নক্ষত্রগুলি অতিকায় রূপ ধারণ করিয়া বিকিরণ এলাকা বিস্তৃত করিয়া থাকে। 1918 খ্রিস্টাব্দে যে Nova Aquilaeকে তেজস্বী হইতে দেখা যায়, সেই Nova এৰ বহিরাবরণের ফটোগ্রাফ হইতে উপবোক্ত ধারণা করা হইয়াছে।

আমাদের Galaxy-তে কতকগুলি বিস্ফোরণশীল অতিকায় নক্ষত্রের পবিচয় পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত অতিকায় নক্ষত্রকে Super nova বলে। যখন তাহাদের বিস্ফোৰণ ঘটে তখন তাহারা সূর্য অপেক্ষা লক্ষ লক্ষ গুণ জ্যোতির্ভব হইয়া থাকে এবং মহাশূন্যে এত গ্যাস ও উত্তপ্ত ভস্ম ছড়াইয়া দেয় যে সেই গ্যাসের পবিমাণ সূর্যের বস্তুর পবিমাণকে ছড়াইয়া দেয়। গত 2000 বৎসবে প্রায় 6 অথবা 7টি Super nova এইভাবে বিস্ফোৰিত হইয়াছে। আমাদের আকাশের ছান্নাপথে (Milkyway) প্রতি 30 হইতে 60 বৎসবে একটি কবিয়া Super nova-এব বিস্ফোৰণ ঘটে। খ্রিষ্টাব্দ 1572 অব্দে Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ Cassiopeia নক্ষত্রের এইরূপ বিস্ফোৰণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন। সেই সময় ইহা শুক্ত গ্রহের (venus) দ্রুত উজ্জল হইয়া উঠিয়াছিল এবং অবশেষে 1574 খ্রিস্টাব্দে আবার নিম্নস্ত হইয়া নগ্ন চোখে দৃষ্টিতে অদৃশ্য হইয়া যায়।

Crab Nebula : নামে স্বস্তিক আকাষের একটি নেবুল। Taurus রাশিতে (Constellation of Taurus) অবস্থিত একটি Super nova-এব নিকটে বিস্ফোৰিত হইয়া গড়ে প্রতি বৎসব প্রায় $0^{\circ}2$ কৌণিক ব্যবধানের গতিতে স্বচ্ছ পাইতেছে। Nebula-টির ব্যাস প্রায় 6' মিনিট। 3500 আলো বৎসব দূরে অবস্থিত Nebula-টির প্রকৃত ব্যাস 6 আলো-বৎসবের সমান। Nebula-টির পার্শ্বস্থিত Supernova চীন দেশীয় জ্যোতির্বিদেরা 1054 খ্রিস্টাব্দেব জুলাই মাসে আবিষ্কার করেন। লোহিতবর্ণের (red light) আলোর বস্ম ব্যবহার করিয়া Nebula-টির ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা হইয়াছে।

১৬.৬. দ্বি-নক্ষত্র (Binary stars বা Double stars)

আকাশে এমন কতকগুলি নক্ষত্র আছে যে নয় চোখে তাহাদের প্রত্যেকটিকে দেখিলে একটি গাজ নক্ষত্রই মনে হয় কিন্তু টেলিস্কোপেব সাহায্যে দেখা যায় যে প্রত্যেকটি প্রকৃতপক্ষে দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। Great Dipper বাসিন্দা অন্তর্গত Mizar নক্ষত্রটি একটি Double star বা দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। কোন কোন নক্ষত্রের আলোব বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফ অনুসন্ধান কবিতা জানা গিয়াছে যে তাহাবা টেলিস্কোপে Double star রূপে দেখা না দিলেও প্রকৃতপক্ষে তাহাবা Double star এই সমস্ত নক্ষত্রের বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফের লাইনগুলি নিয়মিত সময়ে (periodically) ইত্যন্ত নড়াচড়া করে। এ পর্যন্ত 40,000 double star-এর অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত double star-দের কোন কোনটির এমন বৈশিষ্ট্য আছে যে একটি double star-এর একাংশ অপনানশকে কেন্দ্র কবিতা আবর্তন কবে। যখন double star এর একাংশের আবর্তন-পথ আমাদের দৃষ্টপথেব বেষ্মান পবে তখন আমবা টেলিস্কোপে একটা অংশই দেখি এবং অপনানশ আচ্ছন্ন থাকে। এই জন্ত এমন double star-কে eclipsing star বলে। প্রায় 2500টি eclipsing নক্ষত্রের অস্তিত্ব নির্ণয় কবা হইয়াছে। টেলিস্কোপে যে সমস্ত double star-কে দুই অংশে বিভক্ত অবস্থায় দেখা যায় তাহা-দিগকে visual binary বলে। যে সমস্ত double star এর অস্তিত্ব আলোব বিশ্লেষণের সাহায্যে ধবা পড়ে তাহাদিগকে spectroscopic binary বলে। Binary নক্ষত্রসমূহের সঠিক বহুত্ব সহজে পণ্ডিতদের নানা প্রকাব মতভেদ আছে। Jeans, Eddington প্রভৃতি বৈজ্ঞানিক-দের মতে binary star প্রথমে একক অবস্থায় ছিল। তাবপর আপন মাধ্যাকর্ষণের চাপে নক্ষত্রটি সঙ্কুচিত হইতে আবস্ত কবে। এই সময় অন্তর্ভাগ আঁকশিক সঙ্কোচনের ফলে বহির্ভাগেব আবরণ হইতে পৃথক হইয়া যায়। এই বহিরাবরণ পবে জমাট বাঁধিয়া অপব একটি নক্ষত্রে পবিণত হয়। এইভাবে একটি নক্ষত্র হইতে সঠিক দুইটি নক্ষত্র পবম্পবকে কেন্দ্র কবিতা আবর্তন কবিতা থাকে।

Eclipsing নক্ষত্রদেব মধ্যে Algol বা Demon star-টি 1783 খ্রীস্টাব্দে সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয়। অনুসন্ধান করিয়া দেখা যায় যে প্রতি 2 দিন 21 ঘণ্টা পব পব নক্ষত্রটিব আলোব উজ্জ্বলতা কমিবা আসে। আলোব ফটোগ্রাফেব সাহায্যে প্রমাণ কবা হয় যে নক্ষত্রেব চাবিদিকে আব একটি নক্ষত্র আবর্তন অবস্থায় যখন টেলিস্কোপেব দৃষ্টিপথে বাধা সৃষ্টি কবে তখনই প্রথম নক্ষত্রেব উজ্জ্বলতা কমিবা আসে। এই আবর্তনকাল 2 দিন 21 ঘণ্টা। Algol নক্ষত্রেব উজ্জ্বলতাব নক্ষত্রটি সূর্যেব চেয়ে 27 গুণ বড়। অপব অংশটি সূর্য অপেক্ষা তৃতীয শ্রেণীব নিম্ন স্তরেব নক্ষত্র কিত ইহাব ব্যাস অংবাংশেব ব্যাসেব চেয়ে $\frac{1}{8}$ বেশী। উভয় নক্ষত্রেব কেন্দ্রেব প্রায় 1.3 কোটি মাইল দূরে অবস্থিত।

১৬৭ নক্ষত্র-“পুঞ্জ” (Star Clusters)

আকাশেব অংশবিশেষে দেখা যায় যে কতকগুলি নক্ষত্র অল্প অংশেব নক্ষত্রগুলিব তুলনায় অপেক্ষাকৃত কাছাকাছি অবস্থান কবিবা এক একটি “পুঞ্জ” (Cluster) সৃষ্টি কবিবাহে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জেব নক্ষত্রগুলিব গোষ্ঠীগত গতিবিধিব প্রকৃতি লক্ষ্য কবিবা বৈজ্ঞানিকেবামনে কবেন যে আদিকালে এক একটি বিশাল গ্যাসেব পিণ্ড বা মেঘ হইতে এক একটি নক্ষত্রপুঞ্জ একই সময়ে সৃষ্টি হইয়াছে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জেব নক্ষত্রগুলি মোটামুটি সূর্য হইতে একই দূরে অবস্থিত এবং তাহাদেব বয়স একইসম (যদিও তাহাদেব আবর্তন সকলক্ষেত্রে একদপ নহে)। আমাদেব Galaxy ছাড়া অন্যান্য Galaxy-তেও এমন “নক্ষত্রপুঞ্জ” আছে।

নানা প্রকাষেব “নক্ষত্রপুঞ্জ” আছে। Perseus-এব “বিপুঞ্জ” (double cluster) আমাদেব Galaxy নিকটে আছে বলিবা এই নক্ষত্রপুঞ্জকে Galactic cluster বলে। ইহাবা ছাষাপথেব তিতবে কিংবা পার্শ্বে অবস্থিত। Hercules বাশিব অন্তর্গত M13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকে Globular নক্ষত্রপুঞ্জ বলে। এই প্রকাষ নক্ষত্রপুঞ্জ ডিঢাকৃতি এবং Galactic cluster অপেক্ষা অধিক নক্ষত্রে সন্নিহিত এবং অধিকতব উজ্জ্বলতব। Taurus বাশিব অন্তর্গত Pleiades বা Seven

sister নামক নক্ষত্রপুঞ্জ অনেকের নিকট পরিচিত। ইহাও উজ্জ্বলতম নক্ষত্রগুলি নগ্ন চোখে দেখা যায়। V-আকারের Hyades নক্ষত্রপুঞ্জ, Coma Berenices নক্ষত্রপুঞ্জ, Cancer বাণিব অন্তর্গত Praesepe (Beehne) নক্ষত্রপুঞ্জ Galactic cluster-এর অন্তর্গত এবং আমাদের ছায়াপথের ভিতরে অথবা পার্শ্বে অবস্থিত। ছায়াপথের ফটোগ্রাফে এই সমস্ত নক্ষত্রপুঞ্জের ছবি স্পষ্ট দেখা যায়। সূর্য হইতে প্রায় 20,000 আলো-বৎসরের দূরত্বে মধ্যে এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জগুলি ছড়াইয়া আছে। Ursa Major “নক্ষত্রপুঞ্জ”-এর ভিতর Great Dipper নামক উজ্জ্বল নক্ষত্র ছাড়া উক্ত বাণিব অনেকগুলি স্বল্পোজ্জ্বল নক্ষত্র আছে। এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জ ছাড়া দ্বিতীয় শ্রেণীর গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (Globular cluster) আমাদের Galaxy-এর অনতিদূরে পাওয়া গিয়াছে। দক্ষিণ দিকে Omega Centauri নক্ষত্রপুঞ্জ উজ্জ্বল। উত্তর অঞ্চলের Hercules নক্ষত্রের নিকটে M 13 নামক গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ সর্বাধিক উজ্জ্বল। ইহা 45° স্থানীয় অক্ষাংশের অঞ্চলে গ্রীষ্মকালে সন্ধ্যাবেলায় আকাশে মেরিডিয়ানে প্রায় নগ্ন চোখে দেখা যায়। Serpens নক্ষত্রের নিকটে M5 নামক নক্ষত্রপুঞ্জটি এবং Sagittarius নক্ষত্রের নিকটে M 55 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকেও কখনও কখনও দেখা যায়। M 13 নক্ষত্রপুঞ্জকে বৃহৎ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে বিশাল একটি chrysen themum ফুলের মত মনে হইবে। ইহাও ব্যাস প্রায় 160 আলো-বৎসরের মত এবং ইহাও দূরত্ব 30,000 আলো-বৎসর। অনুমান করা হয় যে এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমবেশী 500,000 নক্ষত্র আছে এবং এই নক্ষত্রগুলির প্রত্যেকের মধ্যে সূর্যের চেয়ে বেশী বস্তুর পরিমাণ বিদ্যমান।

১৬৮ নেবুলা (Nebulae)

আকাশের স্থানে স্থানে ঋণ ঋণ মেঘের মত অস্পষ্ট আলোকিত অংশ চোখে পড়ে। এগুলিকে বৈজ্ঞানিকেরা (Nebula) নেবুলা নাম দিয়াছেন। ইহাদের কতকগুলি প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রপুঞ্জ বলিয়া প্রমাণ হইয়াছে। নক্ষত্র জগতের শূন্যস্থান ব্যাপিবা যে গ্যাস ও ভস্মবাণি ছড়াইয়া

থাকে কিংবা কোন উত্তম নক্ষত্রকে বিবিশা যে উত্তম গ্যাস নক্ষত্রকে আচ্ছন্ন করিয়া থাকে সেই গ্যাসকে আমরা নেবুলারূপে দেখি।

Orion Constellation-এ (কালপুরুষ) যে নেবুলাব সমান পাওয়া গিয়াছে তাহা এই বাণিব অন্তর্গত সমবেশ তিনটি নক্ষত্রের নিকটে অবস্থান করিতেছে। টেলিস্কোপে ইহাকে সবুজ বর্ণের মেঘের মত দেখায। ফটোগ্রাফের সাহায্যে দেখা যায় যে 1600 আলো-বৎসর দূরে অবস্থিত এই নেবুলা 26 আলো-বৎসর দূরত্ব ব্যাপিয়া বিস্তৃত স্থান অধিকার করিয়া আছে। নেবুলা হইতে আমরা যে আলো পাই প্রকৃতপক্ষে নেবুলাব মধ্যস্থিত কোন নক্ষত্রের আলো দ্বারা উহা আলোকিত হইয়া বলিয়াই আমরা নেবুলাকে আলোকিত দেখি। আবার নেবুলাব নিকট-বর্তী কোন উত্তম নক্ষত্রের তাপে নেবুলাব ভস্ম বা গ্যাস সর্বদাই বৈদ্যুতিক আবেশ (ion) পরিণত হইয়া থাকে। এই বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের সময় যে আলো নির্গত (emission) হয় তাহাও নেবুলাকে আলোকিত করে। কালপুরুষের অন্তর্গত নেবুলাব আলো এইভাবে আমাদের পৃথিবীতে আসে। কোন কোন নেবুলাব নিকটে বা অভ্যন্তরে কোন নক্ষত্র নাই। এই সমস্ত নেবুলা সাধারণতঃ অন্ধকারাচ্ছন্ন। কিন্তু দূরে কোন নক্ষত্রের আলো যদি ক্ষীণ হইয়া আসে তাহা হইলে এই ক্ষীণ আলোব পটভূমিকায় আমরা অন্ধকারাচ্ছন্ন নেবুলাকে দেখিতে পাই।

১৬.৯ Galaxy—ছায়াপথ (Milkyway)

আমাদের আকাশের এক প্রান্ত হইতে অপব প্রান্ত জুড়িয়া যে অস্পষ্ট ছায়াগম্বিত যে আলোব বেষ্ট (belt) দেখা যায় তাহাকে ছায়াপথ (Milkyway) বলে। অসংখ্য নক্ষত্রের আলোকে আলোকিত এই ছায়াপথ গ্রীষ্মকালে উত্তর-পূর্ব হইতে দক্ষিণ-পশ্চিম দিকে আকাশের এক প্রান্ত হইতে অপব প্রান্ত পর্যন্ত জুড়িয়া থাকে। এই ছায়াপথের মধ্য এলাকা বরাবর একটা বেষ্ট টানিলে ইহা প্রায় মহাগোলকের (celestial sphere) উপর মহাস্থলের (great circle) মত দেখায়। ছায়াপথট মহাবিবুকের সহিত হেলানো অবস্থান আছে। ইহা Perseus, Cassiopeia এবং Cepheus-এর মধ্য দিয়া গিয়াছে।

শীতকালের শেষের দিকে ছাষাপথ আকাশে উত্তর-পশ্চিম প্রান্ত হইতে দক্ষিণ-পূর্ব দিকের প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। ছাষাপথের সর্বত্র বেষ্টার প্রস্থ এককম নহে। 1920 হইতে 1930 খ্রিস্টাব্দের মধ্যে বৈজ্ঞানিকেরা আবিষ্কার করেন যে আমাদের সৌরজগৎ ছাষাপথের কেন্দ্রস্থল হইতে প্রায় 30,000 আলো-বৎসরের দূরত্বে অবস্থিত। আমাদের Galaxy-তে প্রায় 100,000,000,000 নক্ষত্রের অস্তিত্ব অনুমান করা হয়। ইহায গোলাকার কেন্দ্র অঞ্চলের উত্তর দিকে প্রায় 80,000 আলো বৎসর বিস্তৃত অঞ্চল জুড়িয়া আছে। এই কেন্দ্র অঞ্চল হইতে উদ্ভূত spiral এবং মত হইয়া ছাষাপথের অংশবিশেষ বাহিবে ছড়াইয়া পড়িয়াছে এই spiral অংশের মধ্যে সূর্য এবং অন্যান্য অনেক বহু নক্ষত্র অবস্থান করিতেছে। 1957 খ্রিস্টাব্দে ইটালীর বোম শহরে জ্যোতির্বিদদের এক কন্ফারেন্স আহুত হয়। সেই কন্ফারেন্সে পণ্ডিতেরা Galaxy-তে অবস্থিত নক্ষত্রগুলির প্রকাষভেদ আলোচনা করিয়া এক প্রামাণ্য তথ্যপূর্ণ রিপোর্ট বাহির করেন। পণ্ডিতদের মতে Galaxy-এর বহির্ভাগে অবস্থিত নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত অধুনাকালে সৃষ্টি হইয়াছে এবং কেন্দ্রস্থ নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত পুরাতন কালে সৃষ্টি হইয়া থাকিবে।

যদি ছাষাপথের কেন্দ্রাঞ্চলের ববাবব মহাবস্তুকে মূল ধবিষা উহান পোলবিন্দুয়র হইতে মহাবস্তুটিব দিকে ক্রমশঃ নক্ষত্র বসতিব ঘনত্ব লক্ষ্য করা যাব তাহা হইলে দেখা বাইবে যে পোল-অঞ্চলে বসতি বিবল অবস্থা বিরাজ কবে এবং ছাষাপথের নিকটবর্তী এলাকায় নক্ষত্রের বসতি ক্রমেই ঘন হইয়া আসিযাছে। ছাষাপথের ববাবব নক্ষত্রের ভিড দেখিযা মনে হয় যেন আমাদের Galaxy ছাষাপথের পোল-বিন্দুব দিকে অনেকটা চ্যাপ্টা হইয়া গিযাছে এবং ছাষাপথের দিকে বেশী বিস্তৃত হইযাছে। ফলে যখন আমবা ছাষাপথের দিকে লক্ষ্য কবি তখন প্রকৃতপক্ষে Galaxy-এব বহুদূর বিস্তৃত এলাকায় দিকে চুটিপাত কবিযা থাকি। ফলে অধিক সংখ্যক নক্ষত্রের দিকে আমাদের চুটি নিবদ্ধ হব। এইভাবে ছাষাপথের বেল্ট দেখা যায়।

Galaxy-এর কেন্দ্রাঞ্চলের উত্তর পার্শ্বে একই সমতলে গ্যাসের কুণ্ডলীৰ মত Galaxy-এর দুইটি অংশ ছড়াইবা পড়িয়াছে। 1951 খ্রিস্টাব্দে এই সত্য প্রমাণিত হব যে বহির্বিষয়ের অন্ত্য Galaxy-এর মতই আমাদের Galaxy-ব চেহাৰা কুণ্ডলীৰ।

Galaxy-র কেন্দ্রিয় অংশ চ্যাপ্টা। ইহা হইতে মনে হব যে Galaxy আবর্তন বত অবস্থাব আছে। সূৰ্য্যেব নিকটবর্তী প্রাৰ সকল নক্ষত্রই কমপক্ষে ২০ কিলোমিটার/সেঃ গতিতে মহাশূন্তে স্থান-পরিবর্তন করিতেছে। ইহা ছাড়া কিছু সংখ্যক নক্ষত্র প্রাৰ সেক্ষেত্রে 60 কিলো-মিটার বেগে স্থান পরিবর্তন করিতেছে। এই সমস্ত নক্ষত্র Galaxy-ব আবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতেছে। বর্তমান কালে Radio Astronomy-ব সাহায্যে Galaxy সম্বন্ধে অনেক নূতন তথ্য জানা সম্ভব হইয়াছে। Galaxy-ব আবির্ভাব সম্বন্ধে পণ্ডিতদের মত এই যে বিলিয়ন বিলিয়ন বৎসব পূর্বে এক প্রকাণ্ড অগ্নিমব বিস্ফোরিত হাইড্রোজেন গ্যাসেব বিশাল এক মেঘ প্রথমে আপন কেন্দ্রের চাবিদিকে আবর্তন করিতে আবন্ত করে। আদি মেঘ ক্রমে কিছুটা ঘনীভূত হইবা আদিবাব সম্ভব হঠাৎ ভাঙ্গিয়া অসংখ্য ক্ষুদ্রাকার মেঘেব স্ফটি হব। এই মেঘগুলি আদি মেঘেব আবর্তন তলেব ববাবর আবর্তন করিতে থাকে। ইহারা পরে ঠাণ্ডা এবং ঘনীভূত হইবা Galaxy-ব স্ফটি করে। Galaxy স্ফটি হওবাব পবও যে সমস্ত মেঘ অবশিষ্ট বহিবা গিয়াছিল তাহাবা নানা প্রকাৰ নক্ষত্রের cluster-এ পবিত হব।

১৬১০. বহির্বিষয়ের Galaxy

পৃথিবীর বহুস্তম টেলিস্কোপের সাহায্যে মানুষ মহাশূন্তেব যতদূর পৰ্বত দেখিতে সমর্থ হইবাছে তাহাতে একাধিক Galaxy-ব সম্ভান পাওবা গিয়াছে। আমাদের Galaxy-ব বাহিরে আবও অনেক Galaxy আছে। ইহাদের কোনটি উপবৃত্তাকার (elliptic), কোনটি কুণ্ডলীৰ এবং কোন কোনটি বিষমাকৃতি বিশিষ্ট। উপবৃত্তাকার Galaxy-গুলি দেখিতে (টেলিস্কোপের সাহায্যে) elliptic থালাব মত মনে হব। এই Galaxy-গুলি নক্ষত্রসমূহের সমষ্টি। উহারা স্বচ্ছ এবং উহাদের

চারিদিকে কোন ভাষ দেখা যায় না। নক্ষত্রগুলি ধানার কেন্দ্রস্থলে বেশী ঘনীভূত হইয়া থাকে। কুণ্ডলীৰং Galaxy-গুলির কেন্দ্রাঞ্চল চশমাৰ লেন্সেৰ মত কিছু এই লেন্সেৰ উভয় দিক হইতে নক্ষত্র স্রোত নিৰ্গত হইয়া কেন্দ্রাঞ্চলকে কষেকবাব একইভাবে বেটন কৰিয়া আছে। হাতেৰ মত বাহিৰেৰ নক্ষত্র-স্রোত অপেক্ষা কেন্দ্রস্থল বেশী আলোময় এবং অধিক নক্ষত্রে সঞ্চিত। The great spiral of Andromeda M13 নামক Galaxyটি Andromeda নক্ষত্রেৰ অবস্থানেৰ দিকে দেখা যায় (অবশ্য টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে)। ইহাই বোধ হয় আমাদেব Galaxy-ৰ বাহিৰে নিকটতম Galaxy। নম্ব চোখে অস্পষ্ট ছোট এক টুকৰা মেঘেৰ মত Galaxy-টিকে দেখা যায়। ইহা Galaxy-ৰ কেন্দ্রস্থল। অস্পষ্ট ধাবেৰ অংশেৰ ফটোগ্রাফ সহজেই গ্রহণ কৰা যায়। প্ৰায় 22,00,000 আলো বৎসৰ দূৰে অবস্থিত এই Galaxy 180,000 আলো বৎসৰ স্থান জুড়িয়া বিস্তৃত হইয়া আছে। এই কুণ্ডলীৰং Galaxy-ৰ আশেপাশে অনেক star-cluster বা নক্ষত্রপুঞ্জেৰ অস্তিত্ব আবিষ্কাৰ হইয়াছে।

Andromeda galaxyটি আমাদেব Galaxy অপেক্ষা বড় হইলেও অগ্ৰাণ্ড বিশেষত্বে আমাদেব Galaxy-ৰ সহিত ইহাৰ সাদৃশ্য আছে। আমাদেব Milkyway বা ছাষাপথেৰ কিছু কিছু তথ্য দূৰবৰ্তী এই Galaxy-ৰ জ্ঞান হইতে আহৰণ কৰাৰ প্ৰচেষ্টা চলিতেছে।

কতকগুলি Galaxy-কে আমবা (টেলিস্কোপেৰ ভিতৰ দিয়া) শুধু মাত্ৰ এক ধাব হইতে (edgewise) দেখিতে পাই। এই সমস্ত Galaxy-কে Edgewise spiral বলে। এই সমস্ত Galaxy-ৰ কেন্দ্রস্থলকে চ্যাপ্-টা দেখা যায়। ইহা ছাড়া অনেক ক্ষেত্রে Galaxy-ৰ মাঝখানে একটা কাল streak লক্ষ্য কৰা গিয়াছে।

১৬১১ The Magellanic clouds

দক্ষিণ মেৰুতে ঞ্ৰবনক্ষত্রেৰ নিকটে বহিৰ্বিশেৰ দুইটি Galaxy- নম্ব চোখে দেখা যায়। Ferdinand Magellan নামক নাৱিক সৰ্ব

প্রথম এই Galaxy দুইটি লক্ষ্য করেন বলিবা ইহাদিগকে The Magellanic clouds বলে। ইহাদের মধ্যে বৃহত্তর Galaxyটি Dorado রাশির নিকটে প্রায় 150,000 আলো বৎসর দূরে 32,000 আলো বৎসর ব্যাস বিস্তৃত স্থান জুড়িয়া আছে। Galaxy দুইটি বিবমাকৃতির Galaxy-সমূহের অন্তর্ভুক্ত।

আমাদের Galaxy-তে যেমন Nova এবং Supernova-কে মাঝে মাঝে বিস্ফোরিত হইতে দেখা যায় তেমনি বহির্বিশ্বে Galaxy-গুলিতেও Nova এবং Supernova-র বিস্ফোরণ ঘটে। 1929 খ্রিস্টাব্দ পর্বন্ত বৈজ্ঞানিক Hubble, Andromeda-র M31 Galaxy-র অন্তর্গত 82 novae-র সন্ধান পাই। বহির্বিশ্বে Galaxy-তে যে সমস্ত Supernova-র অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে তাহাযা স্বর্ষ অপেক্ষা আবর্তনে এবং বস্তু পরিমাণে অনেক বড়। অনুমান করা হয় যে প্রত্যেক Galaxy তেই প্রতি 200 বৎসরে অন্ততঃ একটি করিয়া Supernova-র বিস্ফোরণ ঘটনা থাকে।

Galaxy হইতে প্রাপ্ত আলোকের বিশ্লেষণ-কটোগ্রাফে লোহিত বর্ণের আলোকের স্থান পরিবর্তন (red shift) লক্ষ্য করা গিয়াছে। বৈজ্ঞানিক Hubble বর্ণের স্থান পরিবর্তনের সহিত Galaxy-র দূরত্ব এবং সরল গতির মধ্যে একটি সহস্র খুঁজিয়া পান। এই স্থান পরিবর্তন Doppler effect এর জন্ত সংঘটিত হয় এবং যে সরল গতির জন্ত এই স্থান পরিবর্তন দেখা যায় তাহার পরিমাণ প্রতি সেকেন্ডে 700 হইতে 38,000 মাইলের মধ্যে। এই লোহিত বর্ণের আলোক স্থান পরিবর্তনের সহিত ক্রমবর্ধমান বিশ্ব (expanding universe) সহস্র আছে বলিবা বৈজ্ঞানিকগণ মনে করেন। তাহার কারণ নেন করেন যে বিশ্ব ক্রমশঃ বাড়িয়াই চলিয়াছে। Galaxy-গুলির দূরত্ব হ্রাস সহিত ইহাদের বর্ণ ক্রমশঃ লোহিত হইয়া যাওয়া হইতেও ক্রমবর্ধমান বিশ্বের কল্পনা করা হয়। ফেদ্রিক বিশ্ববিদ্যালয়ের বৈজ্ঞানিক Fred Hoyle-এর মতে বিশ্বে অবিরত নূতন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইতেছে এবং ঘনত্বের (density) সহিত সংগতি বক্ষ্যত্ব জন্ত সেই অনুপাতে বিশ্বও ক্রমশঃ বাড়িয়া বাইতেছে। এক্ষণে বিশ্বে শেষ নাই এবং আরম্ভ নাই।

সপ্তদশ অধ্যায় জ্যোতিষ্কের সহিত পরিচয়

১৭.১. ভূমিকা

আমরা এই অধ্যায়ে আমাদের নূতন পাঠকের সুবিধার্থে আকাশের চিহ্ন পরিচিত জ্যোতিষ্কগুলির অবস্থান এবং উহাদের সন্ধান পাইবার উপায় সম্বন্ধে বর্ণনা করিব। বাতের মেঘমুক্ত আকাশে আমরা যে অপূর্ণ তাবকা বাশির শোভা দেখিতে পাই তাহা পূবাতনকাল হইতেই মানুষকে বিষয়ে অভিভূত করিয়া বাসিয়াছে। আকাশের দিকে তাকালে কয়েক সহস্র তাবকা বা নক্ষত্র আমাদের চোখে আসে। শুধুমাত্র একটি “বাইনোকুলার” (Binocular)-এব সাহায্যে আমরা সহজেই আকাশের বিভিন্ন “বাশি” (Constellation) এবং নক্ষত্রগুলিকে চিনিতে পারি। এমন কি বাইনোকুলার ছাড়াও খালি চোখে অনেক নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। আমরা এই অধ্যায়ে পর্যায়ক্রমে নক্ষত্রগুলির সহিত পাঠককে পরিচয় করিয়া দিব।

১৭.২. নক্ষত্রের নামকরণ

সুবিধার জন্ত নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি গ্রীক অক্ষরের দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। যদিও নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব উপর ভিত্তি করিয়া ক্রমিক সংখ্যার সাহায্যে তাহাদের প্রকারভেদ করা হইয়াছে এবং অনেকগুলি নক্ষত্রের নিজস্ব নামও আছে তথাপি সহস্র সহস্র নক্ষত্রগুলির ক্যাটালগ তৈয়ারি করিতে গেলে এত নাম পাওয়া সম্ভব নহে। সেইজন্য 1603 খ্রীষ্টাব্দে জার্মান জ্যোতিষবিদ Bayer নক্ষত্রগুলিকে গ্রীক “বাশিচক্রে” উজ্জ্বলতাব তারতম্যানুসারে α , β , γ ইত্যাদি চিহ্ন দ্বারা ক্যাটালগভুক্ত করিয়াছিলেন। যেমন বাশিচক্রে উজ্জ্বলতম নক্ষত্র হইতে আবৃত্তি করিয়া অপরক্রমানুসারে α , β , চিহ্নে চিহ্নিত করেন। Canis Major এবং উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius-কে α -Canis Major বলা হয়। পূবাতন কালে

নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি “গ্রুপে” ভাগ করা হইয়াছিল এবং প্রত্যেক গ্রুপকে কোন “দেবতা” (mythological god) অথবা “বীর” (hero—Orion, Perseus, Cepheus) কিংবা কোন জন্তুর (Great Bear, Leon বা Leo) নামের সহিত সংযুক্ত করা হইত। 120 হইতে 180 খ্রিস্টাব্দের মধ্যবর্তী সময়ে Ptolemy (টলেমী) নামক গ্রীক জ্যোতিষবিদ এক গ্রন্থ প্রণয়ন করেন। এই গ্রন্থের আরবী নাম “Almagest”। ইহাতে 48টি “রাশি” (constellation)-এর ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছিল। এক্ষণে এই তালিকা আরও বাড়ানো হইয়াছে। আমরা প্রথমে উত্তর-কাশের 15 টি উজ্জ্বলতম নক্ষত্রের এবং সেই সঙ্গে রাশিগুলির তালিকা (আংশিক) সন্নিবেশিত করিব।

নক্ষত্র	রাশি	বর্ণ	হ্রস্ব (সার্ব) বহু	দূর্বর্ণের তুলনার অনুপাত
Sirius	Canis Major	সাদা	8.6	26
Arcturus	Bootes	কমলা	36	80
Vega	Lyra	নীল	26	52
Rigel	Orion	সাদা	900	50,000
Capella	Auriga	হলুদ	45	140
Procyon	Canis Minor	হলুদ (হাল্কা)	11	7
Altair	Aquila	সাদা	16	10
Aldebaran	Taurus	কমলা	68	90
Behelgeux	Orion	লাল (হাল্কা)	520	5000
Anlores	Scorpio	লাল	520	5000
Spica	Virgo	সাদা	220	2400
Fomalhaut	Piscis Australis	সাদা	23	23
Polux	Gemini	কমলা	35	25
Deneb	Cygnus	হলুদ (হাল্কা)	1600	50,000
Regulus	Leo	সাদা	84	140

রাশির তালিকা (আংশিক)

ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম	ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম
Andromeda	Andromeda	Crator	Cup
Aquarius	Water-bearer	Cygnus	Swan
Aquila	Eagle	Delphinus	Dolphin
Aries	Ram (মেঘ)	Draco	Dragon
Auriga	Charioteer	Equuleus	Little Horse
Bootes	Herdsmen	Gemini	Twins
Camelopardus	Giraffe	Hercules	Hercules
Cancer	Crab	Hydra	Sea-Serpent
Canes Venatici	Huntingdogs	Leo	Lion
Canis Major	Great Dog	Libra	Scales
Canis Minor	Little Dog	Lynx	Lynx
Capricornus	Sea goat	Lyra	Lyre
Cassiopeia	Cassiopeia	Orion	Orion (কালপুরুষ)
Cepheus	Cepheus	Perseus	Perseus
Cetus	Whale	Pisces	Fishes (মৎস্য)
Coma Berenices	Berenice's Hair	Sagittarius	Archer
Corona Borealis	North Crown	Scorpio	Scorpion (বৃশ্চিক)
Cornus	Crow	Taurus	Bull (বৃষ)
		Ursa Major or Minor	Great or Small Bear
		Virgo	Virgo

১৭৩- আন্তরীণ নক্ষত্র (Circumpolar stars)

কোন অজানা শহরের সহিত পরিচিত হইতে হইলে প্রথমে কবেকটি প্রধান বস্তুকে খুজিয়া লইতে হয় এবং উহাদিগকে মূল হিসাবে লইয়া শহরের অত্যন্ত স্থান সমূহের জ্ঞান লাভ করিতে হয়। আকাশেও

সেইরূপ সহজেই চেনা যায় এমন কতকগুলি অঞ্চলকে বাহিরা লইতে হয়। আমাদের আকাশে Ursa Major (Great Bear) অতি প্রয়োজনীয় নক্ষত্রমণ্ডল কেননা ইহা কখনই অস্ত যায় না এবং ব্যতিকালে যে-কোন সময়ে উত্তরাকাশে ইহাকে দেখিয়া সহজেই চেনা যায়। অপব একটি হইল “কালপুরুষ” (Orion)। ইহাব তিনটি সন্মুখ (collinear) নক্ষত্র কখনই কেহ দেখিতে ভুল করিবে না। কালপুরুষ শীতকালে আমাদের আকাশে থাকে। প্রথমে আমরা উত্তরাকাশে “অন্তহীন” (circumpolar) নক্ষত্রমণ্ডলের দিকে লক্ষ্য করি।

(ক) URSA MAJOR (Great Bear)

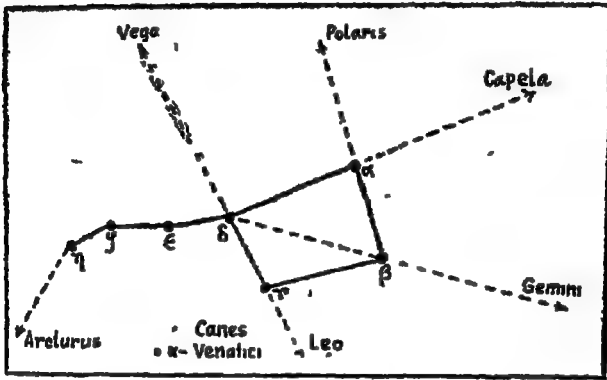
ইহা অতি পুরাতন একটি “রাশি” (constellation) এবং Ptolemy-র তালিকাভুক্ত ৪৮ টি রাশির মধ্যে একটি। কপকথার “Ursa Major-এর নাম ছিল Callisto। যে Arcadia-র রাজা Lycaon-এর কন্যা Juno-দেবীর সেবায় নিযুক্ত ছিল। তাব রূপের জন্ত সে দেবীর ঈর্ষাভাজন হয় এবং অবশেষে বৃহস্পতি (Jupiter) তাহাকে রক্ষা করিয়া ভল্লুকের রূপ দান করে। তাবপব Callisto নিজ সন্তান Arcas কর্তৃক জঙ্গলে আচ্ছাদিত হয়। অবশেষে বৃহস্পতি Arcas-কেও “ছোট ভল্লুকে” (Little Bear) পরিণত করে এবং উভয় জাতকে আকাশে স্থান দেয়।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
ϵ Alioth	2	68
α -Dubhe	—7	107
δ γ γaid	—2.1	210
ζ -Mizar	.1	88
β -Merak	.5	78
γ -Phad	.2	90

উপরোক্ত ছয়টি নক্ষত্র মিলিয়া একটি লাঙ্গলের (The Plough) চেহারা করিয়া করা হইয়াছে। উহার হাতলে Binary নক্ষত্র ζ -Mizar

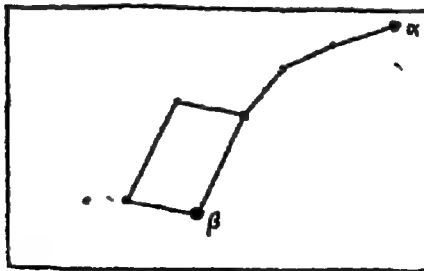
অবস্থিত। Dubhe একটি হাফা হলদে বর্ণের নক্ষত্র (বাইনোকুলারের সাহায্যে বুঝা যায়)। δ -Megrez নামক Ptolemy-র সময় অল্প নক্ষত্রের মতই দেখাতো। গত 2000 বৎসরে ইহা কিছুটা নিম্নতর হইয়া থাকিবে।



(খ) URSA MINOR (Little Bear)

ইহাও Alamgest বর্ণিত একটি বাশি। এই বাশিতে Polaris নক্ষত্র (প্রবর্তা) অবস্থিত।

নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
α -Polaris	-4 6	680
β -Kocab	-0 5	105

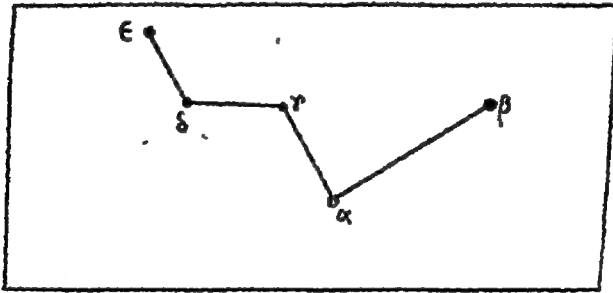


Ursa Minor সহজেই খুঁজিয়া বাহির করা যায়। Ursa Major এর দুইটি নক্ষত্র α -Dubhe এবং β -Merek-এর সংযোজক সরলরেখা

Polaris-এর দিকে গিয়াছে। Kocab-এর ঘন কমলা রং সহজেই ধরা যাব।

(গ) CASSIOPEIA

Almagest-এ বর্ণিত এই রাশিটি উত্তরাকাশেব একটি অগ্রতম বাশি।
 রূপকথা—“রাজ্য Cepheus-এর পত্নী রাণী Cassiopeia অত্যন্ত অহঙ্কারী ছিল। তার মতে কন্যা Andromeda-র মত সুন্দরী মেবে আব কেহই ছিল না। এমনকি জলদেবীদের চেয়েও নিজ কন্যাকে সে সুন্দরী মনে কবিত। ইহাতে জলদেবতা Neptune এক অতিক্রম দৈত্যকে Cepheus এর রাজ্য ধ্বংস কবিতে পাঠাইল। রাজ্য ও রাণী বিপদে পড়িয়া Oracle-এর শরণাপন্ন হইল। কিন্তু Oracle-এর কাছে তাহারা জানিতে পারিল যে Andromeda-কে শুষ্কলাবদ্ধাবস্থায় সমুদ্রের ধারে দৈত্যের মুখে ফেলিয়া না দিলে বাজ্যেব কোন মঙ্গল নাই। বাহা হউক সৌভাগ্যক্রমে বীর Perseus-এব সাহায্যে Andromeda বন্ধা পাইল।”



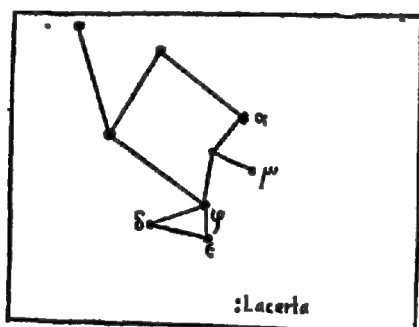
নক্ষত্র	উচ্চলতা	দূরত্ব	ε সহ পাঁচটি নক্ষত্র W এর প্যাটার্ন সৃষ্টি কবিয়াছে। Alhoth—Polaris সংযোগ- কানী বেখ্যার দিকে Cassiopeia অবস্থিত। খালি চোখে ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হয় না।
α-Shedir	—1.1	156	
β-Chaph	1.6	45	
γ-Tsh	—0.3	96	
δ-Ruchbah	2.1	73	

Shedir একটী binary নক্ষত্ৰ এবং ইহাৰ সহচৰ অপেক্ষা সামান্য উজ্জ্বলতৰ। ছাৰাপথ Cassiopeia-ৰ মধ্য দিবা গিৰাছে। বাইনোকুলানেৰ সাহায্যে এই অঞ্চলে অসংখ্য নক্ষত্ৰমণ্ডলী দেখা যায়।

(ঘ) CEPHEUS

Almagest বৰ্ণিত বাণী। কপকথাৰ “Cepheus, Cassiopeia-ৰ স্বামী এবং Andromeda-ৰ পিতা”। আকাশে দ্ৰীৱ মত উজ্জ্বল দেখাৰ না।

নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
α -Alderamin	1 4	52



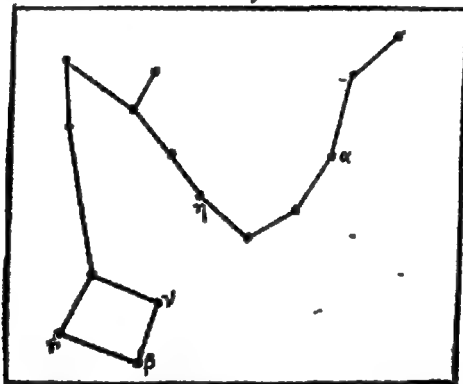
এই বাণীৰ অংশবিশেষ Cassiopeia এবং Polaris-এৰ মध्ये অবস্থিত। Cassiopeia-তে অবস্থিত Shedir এবং Tsih নক্ষত্ৰেৰ সংযোগ বেখাৰ দিকে এই বাণীকে পাওযা যাইবে। δ -Cephei উহাৰ প্ৰতিবেশী ϵ এবং ζ -এৰ সহিত ত্ৰিভুজ বৰ্ণনা কৰে। ζ এবং ϵ দুইটি সাধাৰণ নক্ষত্ৰ কিন্তু δ Cephei একটী double star, আৰু একটী নক্ষত্ৰও (μ) একটী double star ইহাকে নগ্ন চোখে দেখা না গেলগু বাইনোকুলানেৰ সাহায্যে ইহাৰ লাল বংকে চমৎকাৰ দেখাৰ।

(ঙ) DRACO (Dragon)

Almagest বৰ্ণিত বাণী। কপকথান্—“Hesperides বাগানেৰ পাহাৰাৰ নিযুক্ত দ্ৰাগনেৰ কাজ ছিল সোনাৰ আপেল বন্ধা কৰাৰ। Hercules এসে এই দ্ৰাগনকে হত্যা কৰে।”

Draco বাশিটি আকাশে তেমন উজ্জল দেখায না। ইহার উজ্জল নক্ষত্র γ এবং β , Lyra রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রেব নিকটে অবস্থিত। বাশিটি Ursa Minor-এর চারিদিকে কুণ্ডলীক আবর্তন করিয়া Dubhe এবং Polaris-এর মধ্যে শেষ হইয়াছে। ভ্রাগনেব মাথায় অবস্থিত ν নক্ষত্রটি একটি double star এবং বাইনোকুলারের সাহায্যে সহজেই ইহার সহচরকে দেখা যায়।

নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
ν -Eltamin	-0.4	108
η Aldhibain	0.3	103
β -Alward	-2.1	310



১৭.৪. শীতকালীন নক্ষত্রসমূহ

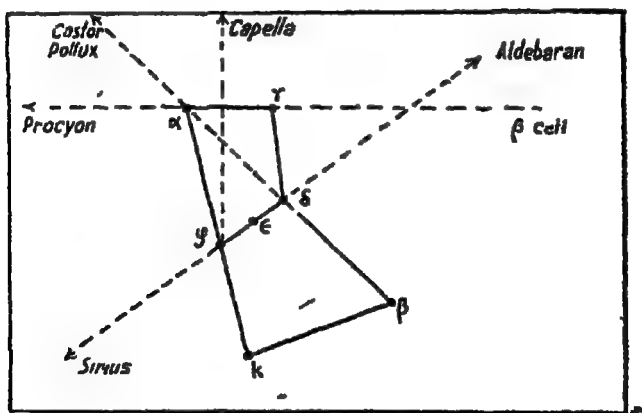
নক্ষত্রেব সহিত পবিচিত হইবার উৎকৃষ্ট সময় শীতকাল। Ursa Major ছাড়াও এই সময় “কালপুরুষ” (Orion) এবং সেই সদে আকাশেব উজ্জলতম নক্ষত্র Sirius এই সময় দেখা যায়। Orion-এর নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উজ্জল। Orion হইতে আমরা অন্যান্য রাশিগুলি—Taurus (বৃষ), Gemini (কন্যা), Auriga, Capella সহজেই চিনিতে পারি।

Ursa Major উত্তর-পূর্বদিকে এবং Leo (সিংহ) রাশিতে অবস্থিত Regulus দিগন্ত বেধার উপবে দেখা যায়। Cassiopeia-র W এবং Pegasus-এর চতুষ্কোণ পশ্চিম আকাশে দেখা যাইবে। Vega উত্তর

আকাশে এবং অনতিদূরে Cygnus-এর উজ্জ্বল নক্ষত্র Deneb দেখা যাইবে। ছায়াপথ এই সমস্ত Cygnus, Cassiopeia, Auriga, Orion এবং Gemini-র মধ্য দিয়া দক্ষিণ আকাশে বিস্তৃত হইয়া পড়ে। পশ্চিম দক্ষিণ অক্ষন, Eridanus এবং Cetus কর্তৃক আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

(৮) ORION (কালপুরুষ)

Almagest-এ বর্ণিত বাণী। কপকথায়—“Orion একজন বিখ্যাত শিকারী ছিল। সে অহঙ্কার কবিয়া বলিয়াছিল যে, সে যে কোন জড়কে পরাজিত করিতে সক্ষম। ইহাতে Juno ঈর্ষান্বিতা হইয়া এক বিশাল স্থলিক সৃষ্টি করিয়া Orion-কে আক্রমণ করিতে প্রলুব্ধ করে। পবে Diana-র অনুবোধে Orion-কে আকাশে Scorpion-এর বিপর্ষিত দিকে রাখিয়া বন্ধা করা হয়।



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β Rigel	-7 1	900 আলো বৎসর
α -Betelgeux	-5 6	520 „
γ -Bellatrix	-4 2	470 „

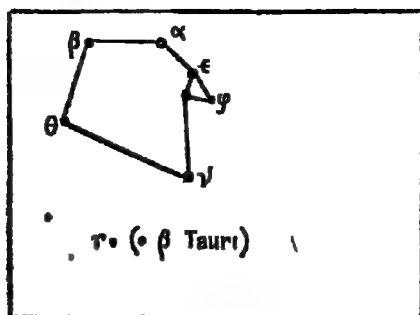
নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব	আলো-বৎসব
ϵ -Alnilam	—6.8	1600	„
ζ -Alnitak	—6.6	1600	„
κ -Saiph	—6.9	2100	„
δ -Mintaka	—6.1	1500	„
i—	—6.1	2000	„

Orion প্রকৃতপক্ষে একটি বিচিত্র বাশি। Rigel এবং Betelgeux প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র। Rigel সাদারংয়ের এবং Betelgeux-এর রং কমলামিশ্রিত লাল। Betelgeux-এর ব্যাস 250,000,000 মাইল এবং ইহাৰ আয়তন পৃথিবী হইতে সূর্য পর্যন্ত যাবতীয় স্থান গ্রাস করিবে। ইহাৰ উজ্জলতা সকল সময়ে একরূপ থাকে না। আয়তনের দ্বান-বৃদ্ধি স্বল্প নক্ষত্রটি হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া থাকে। কলে উহাৰ উজ্জলতাৰ তাবতম্য হয়।

Betelgeux ছাড়া এই রাশি গণ্যের অন্যান্য নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উত্তম এবং সাদা রংযেব। বেস্টের তিনটি নক্ষত্র (Alnilam, Alnitak এবং Mintaka) সকলেই সাদা এবং বৈচিত্র্যময়। বেস্টের নীচে কালপুরুষের তরুণাবী। খালি চোখে ইহাকে একটি অস্পষ্ট কুবাশা খণ্ড বলে মনে হয়। বাইনোকুলারের সাহায্যে দেখা যায় যে এই অস্পষ্ট কুবাশা খণ্ডটি প্রকৃতপক্ষে উজ্জলতম Orion-এর Nebula। আজকাল কল্পনা করা হয় যে নেবুলা থেকেই নক্ষত্রের সৃষ্টি হয়। Orion-এর সাহায্যে অস্পষ্ট নক্ষত্র খুঁজে বাহির করা বেশ সহজ (চিত্র দেখুন)।

(ছ) AURIGA

Almagest বর্ণিত বাশি। ক্লগকথায় —“Vulcan-এর পুত্র Auriga জগতের সময় হইতেই পদু ছিল। দেবতাদের অলক্ষ্যে Minerva তাহাকে পালন করে। ঘোঁরনে Auriga এথেলের বাজা হয় এবং চার সদ চালিত গাড়ী (chariot) আবিষ্কার করে। Jupiter খুশী হইয়া তাহাকে আকাশে স্থান দেয়।”



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Capella	—0 6	45
β -Menkarlina	—0 3	88
i	—2.4	330
θ	.1	108
ϵ	—7.1	3400

γ -Al-Nath

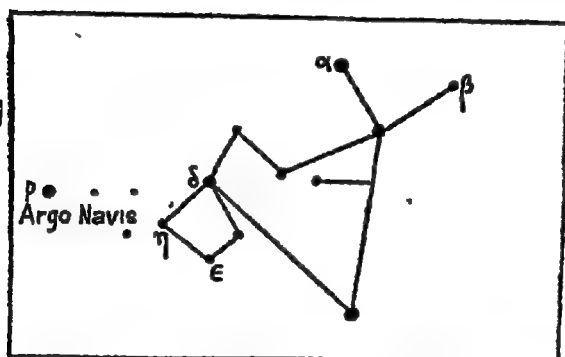
...

পূর্বকালের ম্যাপে γ Al-Nath-কে এই বাশির অন্তর্গত মনে করা হইত। এখন ইহাকে β -Tauri নাম দিয়া Taurus বাশির অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

প্রধান নক্ষত্র Capella-কে সহজেই চেনা যায়। হাতা হালুদ বংশের নক্ষত্রটি বর্ণালী (Spectrum) সূর্যের বর্ণালীর মতই এবং নক্ষত্রটি সন্ধ্যাকালে অনেক উঁচুতে দেখা যায়। Capella একটি binary নক্ষত্র কিন্তু সাধারণ টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহাৰ সহচরকে পৃথকভাবে দেখা যায় না। Auriga-র প্যাটার্ন কতকটা ঘূড়ির মত। Capella-র সমীকটে তিনটি অস্পষ্ট নক্ষত্রকে ত্রিভুজের আকারে দেখায। ইহাদিগকে Haedi বা Kids বলে। ইহাদের দুইটি ϵ , δ নক্ষত্রের প্রত্যেকেই একটি binary-star. ϵ -নক্ষত্রের অস্পষ্টতর সহচর আমাদের Galaxy-র সর্ববৃহৎ নক্ষত্র। ইহাৰ ব্যাস 1,800,000,000 মাইল।

(জ) CANIS MAJOR (Great Dog)

Almagest বর্ণিত “রাশি”। কালপুরুষের বড় কুকুরের প্রতিবিম্ব প্রভুর চিরসজীবপে আকাশে স্থান লাভ করিয়াছে। Sirius এই রাশির অগ্রতম নক্ষত্র। আকাশের উজ্জ্বলতম এই নক্ষত্রটি Orion-এর বেষ্টের তিনটি নক্ষত্রের সংযোগ রেখার বরাবর অবস্থিত। α -Centauri ছাড়া এত উজ্জ্বল নক্ষত্র আর আকাশে দেখা যায় না।



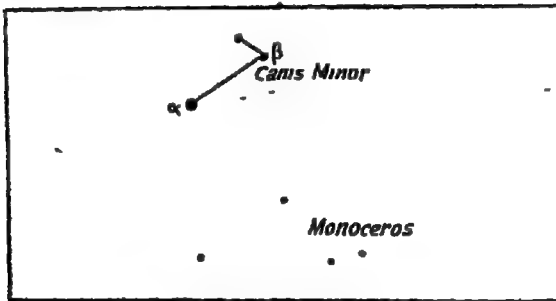
Sirius সূর্য অপেক্ষা ২৬ গুণ অগ্নিময়। ইহাব একটি ক্ষুদ্র সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপে দেখা যায় না। Sirius-কে পাশ্চাত্যে Dog-star বলে। Binoocular-এর সাহায্যে ইহাকে অপূর্ব স্থলর দেখান।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতার প্রকার	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α -Sirius	-1.45	9
ϵ -Adara	-5.1	680
δ -Wezea	-7.1	2100
β -Mirzam	-4.8	750
η -Aludra	-7.1	2700

(ঝ) CANIS MINOR (Little Dog)

Almagest বর্ণিত “রাশি”। কালপুরুষের অপর কুকুরের-প্রতিবিম্ব। ইহার উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α -Procyon-এর একটি অস্পষ্ট সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায় না। অপর নক্ষত্র β -Gomeisa নিকটেই অবস্থিত।

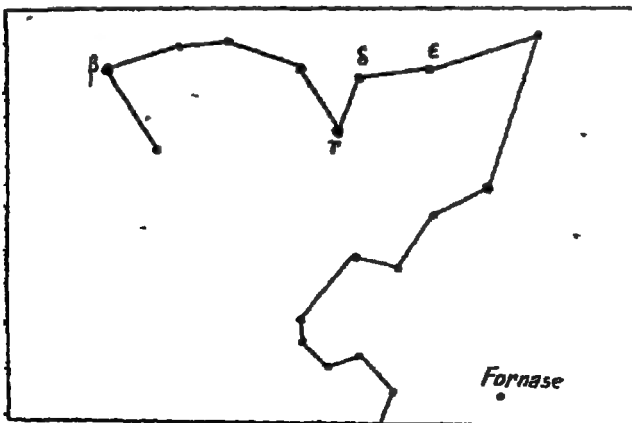
নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতাৰ প্ৰকাৰ	দূৰত্ব
α -Procyon	27	11
β -Gomeisa	-1.1	210



(এৱ) ERIDANUS (River)

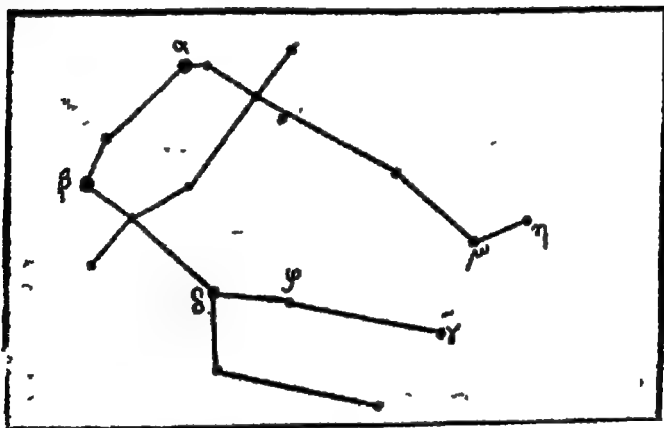
Almagest বৰ্ণিত “নাসি”। ৰূপকথাৰ দৃঃসাহসী যুৱক Phaethon সূৰ্য্যৰ বধ লইয়া একদা আকাশৰ মধ্য দিবা সজোৰে বীৰদৰ্পে চলিযাব কালে Jupiter বজ্জপাতেৰ সাহায্যে তাহাকে ধ্বংস কৰে এবং নদীৰ মध्ये নিক্ষেপ কৰে।

নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
β -Kursa	09	78



(ট) GEMINI (The Twin)

Almagest-এ বর্ণিত এবং “রাশিচক্রের” (Zodiac) একটি রাশি। Castor এবং Pollux-এর নাম হইতে এই রাশির নাম হইয়াছে। রূপকথায় Castor এবং Pollux রাজা Tyndarus এবং রানী Leda-র সন্তান ছিল। Pollux অমরত্ব লাভ করে। Castor যখন মারা যাব তখন ভাইবেব শোকে Pollux অভিভূত হইয়া পড়ে এবং Jupiter-এর কাছে ভাইবেব অমরত্বের জন্য অনুরোধ করে। Jupiter খুশী হইয়া উভয়কে অমরত্ব দান করিয়া অকাশে স্থাপন করে।



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β -Pollux	1.0	35
α -Castor	1.3—2.3	45
γ -Alhena	—0.6	105
μ -Tejat	—0.6	160
ϵ -Mebuta	—4.6	1060

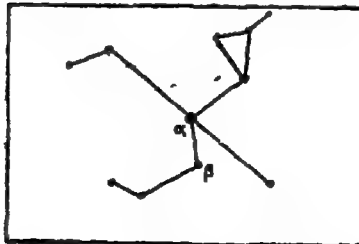
Gemini উত্তরাংশের অত্যন্ত বারি। ছায়াপথ এই রাশির মধ্য দিয়া গিয়াছে। Rigel হইতে Betelgeux সোজা রেখা টানিলে আমরা Castor ও Pollux-এর অবস্থান পাইতে পারি। আবার Great Bear

বা Ursa Major-এর Megrez এবং Merak যোগ করিয়া বেরখা টানিলেও Castor-Pollux পাওয়া যায়। Castor অপেক্ষা Pollux উজ্জ্বলতর। কিন্তু প্রাচীনকালে এমন ছিল না। উভয়েব বংশে প্রভেদ আছে। Pollux কমলা বংশেব এবং Castor সাদা বংশেব। বা শি-টব অন্ত্যান্ত নক্ষত্রগুলি Orion-এব দিকে ছড়াইয়া আছে। Alhena বেশ উজ্জ্বল এবং ইহা Pollux ও Betelgeux-এব মার্কখানে অবস্থিত। Castor একটি binary star। ইহাব দুইট অংশেব একটি অপবটিকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন কবে (প্রকৃতপক্ষে সাধারণ মাধ্যাকর্ষণ কেন্দ্রেব চাবিদিকে)। এই আবর্তনকাল প্রায় 350 বৎসব। তৃতীয প্রকাব ৪ নক্ষত্রেব অষ্টম প্রকাবেব একটি সহচর আছে। ৫ নক্ষত্রটিব উজ্জ্বলতা 10 দিনে 3.7 হইতে 4.3-এব মধ্যে তারতম্য হয়। ৭-নক্ষত্রটি 231 দিনেব মধ্যে 3.3 হইতে 4.2 গুণ উজ্জ্বলতা লাভ কবে। ৭-একটি হাল্কা লাল বংশেব নক্ষত্র এবং অপব লাল বংশেব নক্ষত্র μ Tejat-এব নিকটে অবস্থান কবে। নিকটেই নক্ষত্রপুঞ্জ Messier 35 খালি চোখেই দেখা যায়।

(৪) LEPUS (The Hare)

Almagest বর্ণিত 48 বাণিব একটি। কপকধাব কালপুঙ্খ খবগোস শিকাব পছন্দ কবিত বলিয়া আকাশে কালপুঙ্খষেব নিকটেই Lepus-কে রাখিয়া দেওয়া হইয়াছে।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Arneb	—4.6	900
β -Nihal	0.1	113



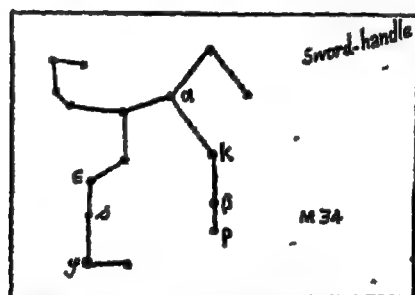
Lepus-কে কালপুৰুষের নীচেই দেখা যায়। ছোট টেলিস্কোপেব সাহায্যে এই রাশির কোণ বৈচিত্র্য দেখা যায় না। R Leporis নক্ষত্রটি ঘন লাল বর্ণের। ইহার উজ্জ্বলতাব্য তাবতম্য ঘটে প্রায় 430 দিনে।

(ড) MONOCEROS (The Unicorn)

ইহা Almagest-এর বর্ণিত রাশি নয়। Sirius, Procyon, Castor—Pallux এবং Betelgeux-এর অবস্থান এলাকা জুড়িয়া এই রাশির নক্ষত্রগুলি অবস্থান করে। বাইনোকুলারে ইহাকে দেখা যায়। ছায়াপথ এই অঞ্চল দিয়া গিয়াছে। 12 Monocerotis নক্ষত্রকে যিবিয়া একটি নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) খালি চোখে দেখা যায়।

(ঢ) PERSEUS

ইহা পুৰাতন কাটাংলগভুক্ত একটি রাশি। কপকথাব বীর Perseus দৈত্যের হাত থেকে রাজকন্যা Andromeda-কে বন্ধা করে। এই সময়



সে Medusa-কে হত্যা কবিয়া দেশে ফিবিতেছিল।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α —Mirphak	—4.4	570 অ্য. ব.
β —Algol	—0.5	105
ζ —	—6.1	1000
ϵ —	—3.7	680
γ —	0.3	113.

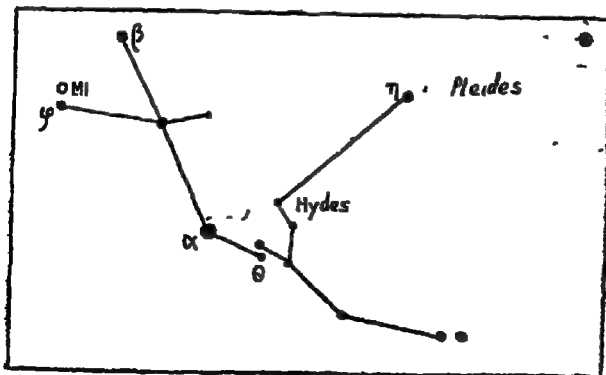
Capella হইতে অনতিদূরে এই বাশিটি অবস্থান করে। - Cassiopeia বাশির দুইটি নক্ষত্রের সাহায্যে Perseus-এর দিক নির্ণয় করা সহজ। ছায়াপথ Perseus-এর মধ্য দিয়া গিয়াছে। এই রাশির নিকটে দুইটি নক্ষত্রপুঞ্জ (Star clusters)* খালি চোখে দেখা যায়। Messier 34 ডানদিকে এবং Sword-handle (Orion-এর নহে) সোজা উপরের দিকে অবস্থিত। শেষোক্ত নক্ষত্রপুঞ্জ প্রকৃতপক্ষে দুইটি পুঞ্জের পাশাপাশি অবস্থান।

Algol বা β -Persei একটি চমৎকার নক্ষত্র। সাধারণতঃ ইহার উজ্জ্বলতা ২.৩। কিন্তু ইহা নিশ্চয় হইতে থাকে এবং প্রায় ৫ ঘণ্টা পরে আবার পূর্বাৱস্থায় ফিরাই আসে। এই নক্ষত্রটি একটি eclipsing binary নক্ষত্র। ইহার সহচর ইহাকে ঘিরিয়া আবর্তন করিতে করিতে আমাদের লুপ্তপথে আসিয়া ইহাকে আচ্ছন্ন করে। ফলে আমবা ইহার উজ্জ্বলতা কিছুক্ষণের জন্য দেখিতে পাই না।

P-Persei নক্ষত্রটি হাঙ্গা লাল বর্ণের variable নক্ষত্র। ইহা উজ্জ্বলতার দিক থেকে প্রায় চতুর্থ পর্যায়েব অন্তর্ভুক্ত।

(গ) TAURUS (The Bull—বৃষ)

ইহা “বাশিচক্রেণ” অন্তর্গত একটি বাশি। স্বপক্ষাঘাত দেবতা বৃহস্পতি (Jupiter) Europa-র প্রেমে মূগ্ধ হইয়া তাহাকে হরণ করার উদ্দেশ্যে একটি সাদা বাঁড়-এর রূপ ধারণ করে। Europa-কে পিঠে লইয়া



এঁদেরাইরা ভূমধ্যসাগর পাড় হইয়া দূরে বহু দূরে চলিয়া যায়। Tang-lewood Tales নামক গ্রন্থে Nathaniel Hawthorne স্বপ্নরূপে ইহার বর্ণনা দিয়াছেন।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α —Aldebaran	—0.7	68
β —Alnath	—3.2	300
γ —Alcyone	—3.2	541
δ —	—4.2	940

Taurus রাশিকে সহজেই খুঁজিয়া পাওয়া যায়। ইহার প্রধান নক্ষত্র Aldebaran কালপুরুষের বেণের তিনটি নক্ষত্রের সংযোগকারী লাইনের দিকে অবস্থিত। ইহা উজ্জ্বল লাল-রংয়ের নক্ষত্র এবং দেখিতে Betelgeux-এর মত। এই রাশির অন্তর্গত অনেক দর্শনীয় জ্যোতিষ আছে। তৃতীয় পর্বাতের নক্ষত্র γ Alcyone-এর নিকটে যে নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায় উহা Pleiades বা Seven-Sister. খালি চোখে অন্ততঃ ৭টি নক্ষত্রকে দেখা যাইবেই। অনেকেই এ পর্যন্ত ১৯ নক্ষত্র এই স্থানে দেখিয়াছেন।

Aldebaran-এর নিকটে Hyades-কে দেখিতে বাইনোকুলারের প্রয়োজন। Aldebaran, Hyades অপেক্ষা পৃথিবীর অনেক নিকটে অবস্থান করিতেছে। Hyades-এর নক্ষত্র θ -Tauri একটি double star.

ψ এর নিকটে Crab Nebula (M1) একটি বিচিত্র নেবুলা। এই নেবুলাকে ১০৫৪ খ্রিস্টাব্দে চীন দেশের লোকেরা সর্বপ্রথম লক্ষ্য করে। ইহা একটি Super-nova হইতে উৎপন্ন। বড় টেলিস্কোপে দেখিলে ইহাকে একটি বিস্তৃত গ্যাসের কুণ্ড বলিয়া মনে হইবে। Supernova সচরাচর দেখা যায় না। পূর্ণ বিস্ফোরিত Supernova প্রায় ২০০,০০০,০০০ হইতে ৩০০,০০০,০০০-টি সূর্যের আলো বিকিরণ করে।

১৭.৫. বসন্তকালীন নক্ষত্রসমূহ

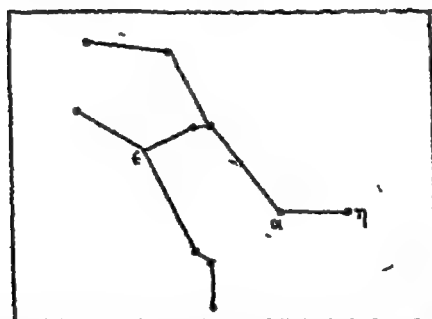
বসন্ত কালের সন্ধ্যার আকাশে যে সমস্ত নক্ষত্র দেখা যায় সেগুলি শীতকালের নক্ষত্রের মত এত বৈচিত্র্যময় নহে। Orion, Capella,

Procyon এবং Gemini-কে তখন পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Great Bear তখন গ্রাখাব উপর। দক্ষিণের আকাশে Leo শোভা পায়। ছায়াপথ এই সময় শীতকালের মত লুপ্ত নহে।

(৩) BOÖTES (The Herdsman)

Almagest বর্ণিত রাশি। কৃগকথাব বাখাল Boötes-কে তাব ভাই প্রবন্ধনা কবিষা তার সব সম্পত্তি থেকে বঞ্চিত কবে। Boötes অনন্তো-পায় হইয়া পৃথিবী প্রমণে বাহির হয় এবং অবশেষে লাভল আবিষ্কার কবিষা চাষাবাদ আবস্থ করে। তার মা Callisto যুগ্মী হইয়া Jupiter-কে ছেলেব অমরত্বের জন্ত অনুবোধ করে। Jupiter তাকে অমরত্ব প্রদান কবিষা স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে স্থান দেয়। ইহার প্রধান নক্ষত্রগুলি :

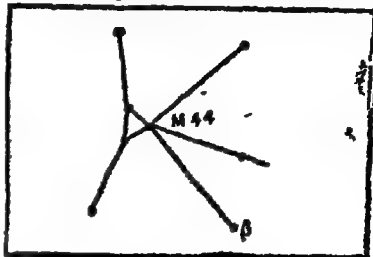
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলোবৎসর)
α -Arcturus	-0.3	36
β -Isar	0.0	108
η -Saak	2.7	32
γ Seginus	0.2	118



Boötes রাশির প্রধানতম নক্ষত্র α -Arcturus। বাইনোকুলারে ইহার চমৎকার রং দেখা যায়। Ursa Major-এর বক্রবেধা অনুসরণ কবিলে দূবে মহাবিশ্বের উত্তরে এই নক্ষত্রকে দেখা যাইবে। ইহাকে বসন্ত কাল হইতে শরৎকাল পর্যন্ত আকাশে ঘল ঘল করিতে দেখা যায়।

(খ) CANCER (The Crab)

বাণিচক্রের অন্তর্ভুক্ত এই রাশিটি Ptolemy-র কাটালগে স্থান পাইবাছে। রূপকথার Hercules যখন সামুদ্রিক সর্প Hydra-র সহিত যুদ্ধ করিতেছিল তখন এক বিশাল Crab (কঁকড়া!) সর্পের সাহায্যার্থে আসিলে Hercules পদাঘাতে উহাকে হত্যা করে। Hercules-এর উপর ঈর্ষান্বিত Juno তখন এই Crab-কে



অরম্ভ দান করিয়া আকাশে স্থান দেব। এই রাশিটির উহাব প্রতিবিম্ব।

এই রাশিটিতে কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র না থাকিলেও ইহাকে খুঁজিয়া বাহির করা শক্ত নহে। Leo এবং Gemini রাশিদ্বয়ের মধ্যে ইহা অবস্থিত। Pollux, Procyon এবং Regulus লইয়া অঙ্কিত ত্রিভুজের মাঝখানে ইহা অবস্থিত। এই রাশির অন্তর্গত Messier 44 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (star cluster)। ইহাব অপব নাম Praesepe বা Beehive (মৌচাক) অঙ্ককার বাতে খালি চোখে ইহাকে দেখা যাব।

(দ) CORONA BOREALIS (The Northern Crown)

Almagest বর্ণিত একটি ক্ষুদ্র “রাশি”। রূপকথার Bacchus কতৃক Crete-এর রাজা Minos-এর কন্যা Ariande-কে প্রদত্ত মুকুটের প্রতিবিম্ব। ইহার প্রধান নক্ষত্র একটি।

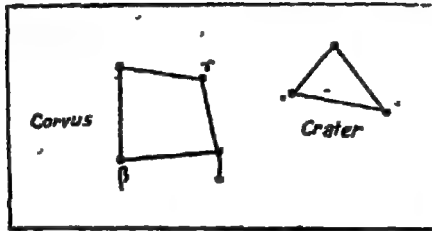
নক্ষত্র উজ্জ্বলতা দূরত্ব
 α -Alphekka 0.4 76.



এই রাশিটি সতাই মুকুটের মত দেখিতে। Arcturus-এর অনতিদূরে অর্ধ বৃত্তাকার চেহারাটি সহজেই চোখে পড়ে। ইহাব অন্তর্গত T coronae নামক নক্ষত্রটি যদিও খুব অস্পষ্ট কিন্তু 1866 এবং 1946 গ্রীস্টাঙ্গে ইহা উজ্জ্বল হইয়া উঠিয়াছিল। ইহাকে একটি Nova মনে করা হইয়া থাকে।

(খ) CORVUS (The Crow)

Ptolemy য় ক্যাটাৰগেৰ একটীয়া রাশি। কপকথাৰ Apollo Coronis-কে ভালবাসিত। Coronis-এৰ বাবাব নাম Phlegyas এবং



ছেলেৰ নাম Aesculapius। Apollo একটীয়া কাককে Coronis-এৰ চৰিত্ৰ সহজে সন্ধান লইবাব জন্ত নিযুক্ত কৰে। কাক যে সন্ধান লইবা আসে তাহাতে Apollo খুণী হইতে পাৰে নাই। বাহাইটক Apollo পুৰুষৰ স্বৰূপ কাককে অমৰৰ দান কৰে এবং আকাশে স্থান দেয়।

প্ৰধান নক্ষত্ৰগুলি

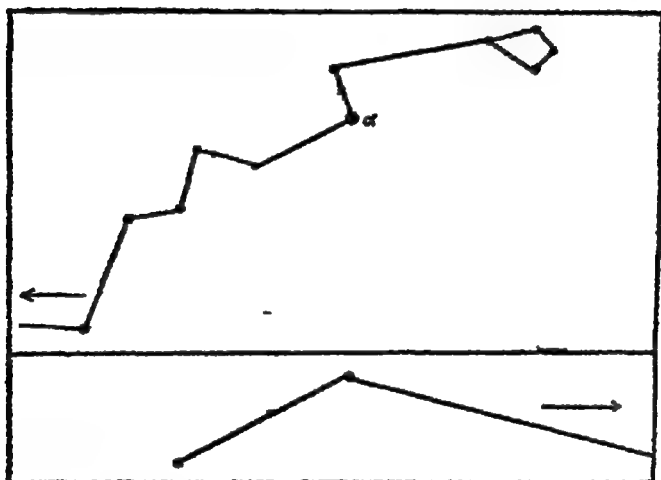
নক্ষত্ৰ	উজ্জলতা	দূৰত্ব (আঃ বঃ)
γ Minkar	-3.1	450
β	0.1	108
δ	0.1	124
ϵ	-0.2	140

এই চাৰটি নক্ষত্ৰ আকাশে একটীয়া স্তম্ভৰ চতুৰ্ভুজ আৰু কবিতাছে। বসন্তকালৰ সন্ধ্যাকাশে দক্ষিণ দিকে একটীয়া নীচৰ দিকে ইহাকে দেখা যায়। ইহা Virgo রাশিৰ অন্তৰ্গত প্ৰথম শ্ৰেণীৰ নক্ষত্ৰ Spica-এৰ অনতিদূৰে অবস্থিত। এই রাশিৰ অন্তৰ কোন বিশেষকৈ এ পৰ্যন্ত জানা যায় নাই।

Corvus-এৰ নিকটে CRATER নামক আৰু একটীয়া Almagest বৰ্ণিত রাশি দেখা যায়।

(ন) HYDRA (Watersnake or Sea-Serpent)

Almagest-এ বর্ণিত রাশি। রূপকথার দৈত্য Hydra-র একশত মাথা ছিল। গ্রীসের Lernean এলাকায় সে যখন উৎপাত আবৃত্ত করে তখন Hercules তাহাকে হত্যা করে।



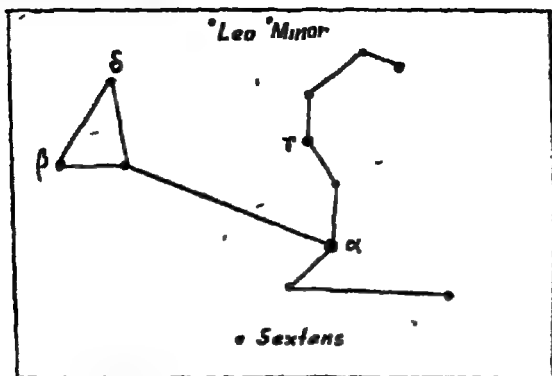
প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Alphard	—0.3	94
γ	0.3	113

আকাশে Hydra সর্বাপেক্ষা বৃহৎ একটি রাশি এবং অস্পষ্ট। ইহাও একমাত্র উজ্জ্বল নক্ষত্র Alphard-কে দেখিতে হইলে Caster এবং Pollux-এর সংযোগকারী রেখার দিকে লক্ষ্য করুন।

(প) LEO (The Lion)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথার সিংহকে Hercules হত্যা করিয়া Nemeaan জঙ্গলের প্রাণীদিগকে রক্ষা করে।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

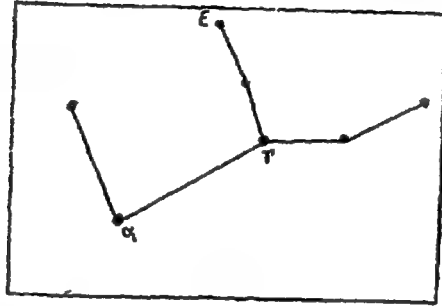
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Regulus	-0.7	84
γ -Algebra	1	190
β -Denebola	1.5	43
δ Zosma	.6	82
ϵ Asad	-2.1	340

দক্ষিণ আকাশে বসন্তকালের বিখ্যাত বাশি। Ursa Major-এর নক্ষত্রগুলির সাহায্যে ইহাও দিক নির্ণয় করা যায়। উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α -Regulus। অত্যন্ত উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলি একটি ত্রিভুজের শীর্ষে অবস্থিত। Algebra একটি double star। Denebola-র আলোকে তাবতম্য দেখা যায়। ইহা একটি "বিনাবী" (binary) নক্ষত্র। অত্যন্ত দূরীত বাশি Leo Minor এবং Sextans নিকটেই অবস্থিত।

(ক) VIRGO (Virgo)

রাশিচক্রের অন্তর্গত এই বাশিটি Ptolemy-র Almagest-এর অন্তর্গত। রূপকথাব Virgo, Jupiter-এর কন্যা। গ্রীস দেশের স্বর্ণ যুগের সম্রা Virgo সভ্য এবং জীববিচার প্রদর্শনের জন্য বিখ্যাত ছিল। যখন মানুষ তাব জীবনধারার পরিবর্তন করিয়া পাপে ডুবিয়া

গেল তখন বিবর্ত হইবা Virgo স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে ফিবিয়া গেল। তাবপব থেকে এখনও সে আকাশে আছে। যদি কখনও পৃথিবীতে গ্রাহবিচার ফিবিয়া আসে তখন Virgo হবত আবার পৃথিবীতে ফিবিয়া আসিবে!!!



প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র	উচ্চতা	দূরত্ব
α -Spica	-3.3	220
γ -Post varta	3.5	32
ϵ -Vindemiatrix	0.6	90

প্রধান নক্ষত্র Spica-কে খুঁজিয়া বাহিব করিতে হইলে Ursa Major-এব লেজের বরাবর Arcturus-এব দিকে দৃষ্টি লইয়া আসিতে হইবে। আবে কয়েকটি বেশ উজ্জল নক্ষত্র এই বাণিতে আছে। γ -Post varta একটি বিখ্যাত “বিনাবী” (binary) নক্ষত্র এবং ইহাব সহচর একইরূপ উজ্জল। সহচর দুইটি উভয়ের সাধারণ কেন্দ্রে ঘিরিয়া 180 বৎসরে আবর্তন করে।

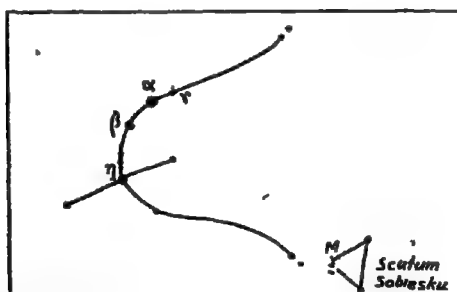
১৭.৬ গ্রীষ্মকালীন নক্ষত্রসমূহ

জুলাই মাসের সন্ধ্যাবেলা স্তম্ভের নীল নক্ষত্র Vega প্রায় মাথার উপরে দেখা যায়। ইহাব অনতিদূরেই Cygnus এর অন্তর্গত Deneb এবং Aquila-র অন্তর্গত Altair-কে দেখা যায়। এই সময় Arcturus-কে

পশ্চিমে এবং Capella-কে উত্তর দিকে দেখা যায়। দক্ষিণ দিকে Scorpio-র মধ্যে Antares-কে দেখা যায়। Antares-এর লাল বর্ণের জগ্ন ইহাকে অনেক সময় Mars-এর প্রতিদ্বন্দ্বি বলা হয়। Ursa Major তখন পশ্চিম আকাশে কিন্তু Leo এবং Virgo প্রায় অস্ত গিয়াছে। পূর্বদিকে Pegasus-এর চতুর্ভুজ উদয় হইতেছে। ছায়া-পথ এই সময় বেশ উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং Capella হইতে Cassiopeia, Cygnus, Aquila-র মধ্য দিয়া Scorpio-র মধ্যে বিস্তৃত হইয়া পড়ে।

(ব) AQUILA (The Eagle)

ইহা একটি পুরাতন রাশি। Ptolemy-র Almagest-এ ইহা-র বিশদ বর্ণনা আছে। গ্রীষ্মকালীন বিখ্যাত বাশিগুলির মধ্যে একটি। ইহা দেখিতে ঈগলের মত।



প্রধান নক্ষত্র গুলি

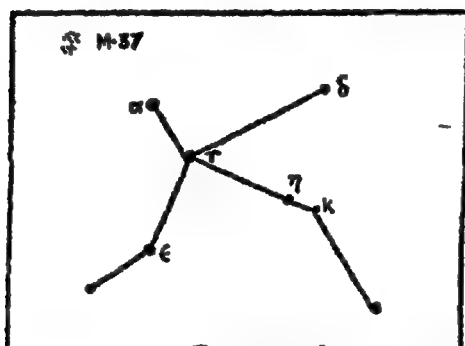
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α Altair	2.2	16
γ Tarazed	2.4	340
ζ Dheneb	0.8	90

প্রধানতম নক্ষত্র Altair দেখতে সাদা বর্ণের এবং উভয় পার্শ্বে একটু হালকা দুইটি নক্ষত্র আছে বলিয়া ইহাকে চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। β- (Alshain) নক্ষত্রটির উজ্জ্বলতা প্রায় চতুর্থ পর্যায়ের।

Aquila রাশির γ -নক্ষত্রটি একটি variable (উজ্জ্বলতার তারতম্যে) নক্ষত্র এবং 7.2 দিনে ইহার ঔজ্জ্বল্যের পরিবর্তন ঘটে । এই তারতম্য খালি চোখে ধরা যায় ।

(ভ) CYGNUS (The Swan)

Almagest বর্ণিত রাশিটি দেখিতে চমৎকার লাগে । রূপকথার স্বর্গের রাজা Jupiter (ইন্দ্র) রাজহংস সাজিয়া Spartan রাজা



Tyndarus এর পরী Leda-কে দেখিতে গিয়াছিল । পরে এই ঘটনাকে স্মরণ রাখাব জন্ত বাজহংসটিকে অমবহ দান কবিয়া আকাশে রাখিয়া দেয় ।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Deneb	—7.1	1600
γ -Sadr	—4.6	750
ϵ -Gienah	0.7	74
δ	—1.7	270
β -Albireo	—2.4	410

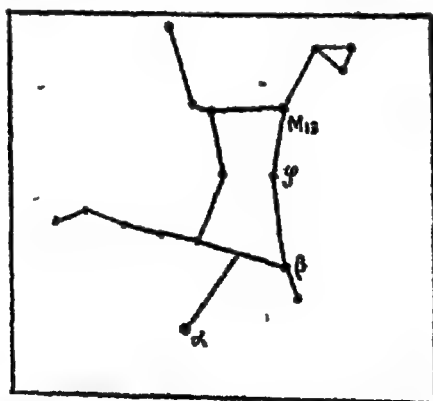
এই রাশিটিকে আকাশেব দিকে তাকালেই সহজে চেনা যায় । β -Albireo নক্ষত্রটি অত্র নক্ষত্রেব চেবে অস্পষ্ট হইলেও ইহা একটি double star । ইহার প্রথম নক্ষত্রটি সোনালী হলুদ বর্ণের এবং

সহচরট হাফা সবুজ রংয়ের। যে-কোন ছোট টেলিস্কোপেই ইহা দেখা যায়। অনেকের মতে double star-দের মধ্যে ইহা সবচেয়ে ক্ষুদ্র নক্ষত্র।

Deneb নক্ষত্রটি Altair বা Vega নক্ষত্রের মত এত উজ্জ্বল নহে কারণ ইহা বেশী দূরে অবস্থিত। ইহা দেখতে একটু হাফা হলুদ রংয়ের। γ এবং β -Albireo-এর মধ্যে η -cygni নামক নক্ষত্র অবস্থিত। η -cygni-এর নিকট যে π -নক্ষত্রটি দেখা যায় উহা একটি পরিবর্তনশীল নক্ষত্র এবং 409 দিনে ইহার আলোর উজ্জ্বলতা 4 হইতে 14-এর মানে উন্নীত হয়। ছায়াপথ এই রাশিটির মধ্য দিয়া গিয়াছে বলিয়া এই বাশির আশেপাশে অনেক নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায়। বিশেষ করিয়া খোলা নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) Messier 39, Deneb-এর অনতিদূরে দেখা যাইবে।

(২) HERCULES

Almagest বর্ণিত একটি বাশি। রূপকথাব বীষ হাবকিউলিস Jupiter এবং Alcmena-এর পত্ন। Juno তাহাকে হিংসা কবিত এবং



তার পরামর্শে হাবকিউলিস বীষ স্রাতা Eurystheus কর্তৃক লাঞ্চিত হইয়াছিল। স্রাতা তাহাকে “দ্বাদশ শ্রম” (twelve labours) সমাধা কবিতে বাধ্য করিয়াছিল। হাবকিউলিস এগুলো সমাধা করে এবং অবশেষে অমরত্ব লাভ করিয়া আকাশে স্থান পায়।

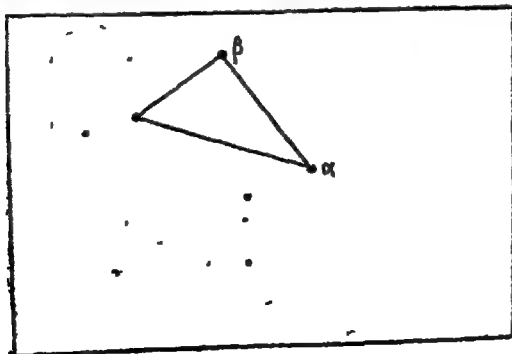
প্রধান নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β -Kornephorus	0.3	103
ζ -Rutilicus	3.1	30

Hercules বাশিটি Arcturus এবং Vega নক্ষত্রের মধ্যবর্তী বিস্তৃত এলাকা জুড়িয়া আছে। এই রাশিতে α -Rasalgethi একটি লাল রংয়ের পবিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable star)। ইহার উজ্জ্বলতা 3 একটি হইতে 4 এর মধ্যে তারতম্য হয়। নিকটবর্তী তাবকা κ Ophiuchi-ও একটি পবিবর্তনশীল নক্ষত্র। Rasalgethi একটি বিশাল নক্ষত্র এবং সম্ভবতঃ আকাশের সর্ববৃহৎ নক্ষত্র। এই বাশির অপব একটি বৈশিষ্ট্য Messier 13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (Star cluster)। ইহা একটি গোলাকাক নক্ষত্রপুঞ্জ। আমরা পূর্বে ইহার বিষয়ে আলোচনা করিয়াছি। এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমপক্ষে 100,000 নক্ষত্র বিদ্যমান এবং ইহার দূরত্ব প্রায় 34,000 আলো-বৎসর। এই নক্ষত্রপুঞ্জগুলি আমাদের Galaxy-কে আবেষ্টন করিয়া রহিয়াছে। নক্ষত্রপুঞ্জের অবস্থান এবং বিস্তৃতি লক্ষ্য করিয়া আমেরিকান বৈজ্ঞানিক Harlow Shapoley প্রায় 40 বৎসর পূর্বে সিদ্ধান্ত করেন যে, সূর্য প্রকৃতপক্ষে Galactic কেন্দ্র হইতে অনেক দূরে অবস্থিত।

(ঘ) LIBRA (ভুল। Balance)

Almagest বর্ণিত একটি বাশি। Mochus নামক লোক গুজন এবং মাপ আবিষ্কার করে বলিয়া অমরত্ব লাভ করিয়া আকাশে স্থান পাইয়াছিল।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β -Zubenel chemale	-0.6	140
α -Zubenel genubi	1.2	66

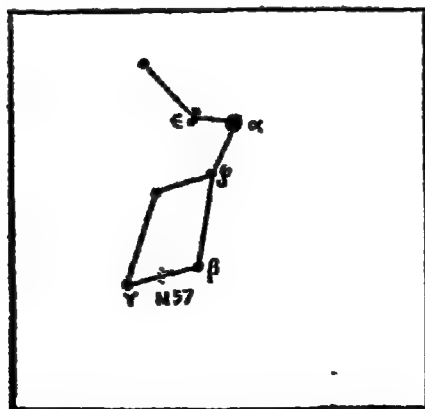
Libra রাশিটি Spica এবং Antares নক্ষত্র দুইটির অন্তর্গত অঞ্চলে অবস্থিত। α -নক্ষত্রটির পঞ্চম পর্যায়ের উজ্জ্বলতাসম্পন্ন একটি সহচর আছে। এই সহচরকে খালি চোখে দেখা যায়। β -নক্ষত্রটির বং হাঙ্গা সবুজ।

(ব) LYRA (The Lyre)

Ptolemy কর্তৃক ক্যাটালগভুক্ত Almagest-এর একটি বিখ্যাত রাশি। ঋগবৈষ্ণব গায়ক Orpheus-কে Apollo একটি বাঁশী দান করে। এই বাঁশীর সাহায্যে Orpheus বনের পশু পক্ষীকে বশ করে এবং এমনকি নদী-নালাকে আপন গতিপথে আবদ্ধ কবির ফলে। Orpheus-এর মৃত্যুর পর সে অমরবর লাভ করে এবং আকাশে স্থান লাভ করে।

প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Vega	0.5	26

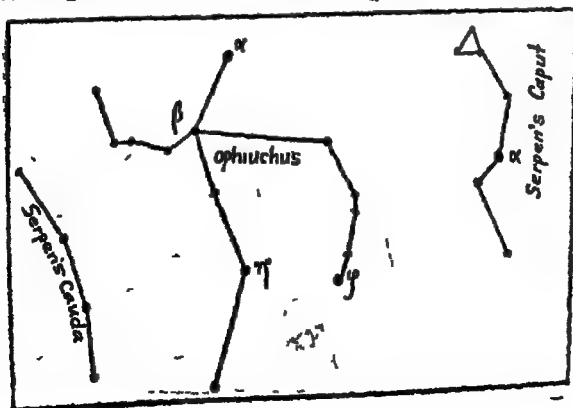


এই রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রটি আকাশের উজ্জলতাব দিক থেকে পঞ্চম নক্ষত্র। ইহার বর্ণ নীল। গ্রীষ্মকালে ইহাকে ঠিক মাথাব দেখা যায়। Vega নক্ষত্রের নিকটে ডবল নক্ষত্র ৩-কে দেখা যায়। খালি চোখে এই double star-এর দুইটি সহচর দেখা যায়। $3''$ টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রত্যেক সহচরের আবার একটি কবিষা সহচর দেখা যায়। Vega-এর নিকটে ৫-নক্ষত্রটি একটি বিনারী (binary)। একটি ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহার সহচরকে দেখা যায়। β -Lyre একটি eclipsing পবিবর্তনশীল নক্ষত্র। ইহার উজ্জলতা 3.4 হইতে 4.1 পর্যন্ত তারতম্য হয়।

β এবং γ নক্ষত্রের মধ্যে অজুবীষবৎ Nebula M57 দেখা যায়। ইহা খুব উজ্জল নহে। বড় টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহাকে একটি অজুবীষের মত দেখা যায় এবং এই অজুবীষের কেন্দ্রস্থলে একটি অল্পট নক্ষত্র বিদ্যমান। এই Nebula-টি প্রকৃতপক্ষে Nebula নহে। বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে ইহা একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত তাবকা এবং একটি উত্তপ্ত গ্যাসমণ্ডল, ইহাকে আবেটন করিয়া রহিয়াছে।

(ল) OPHIUCHUS

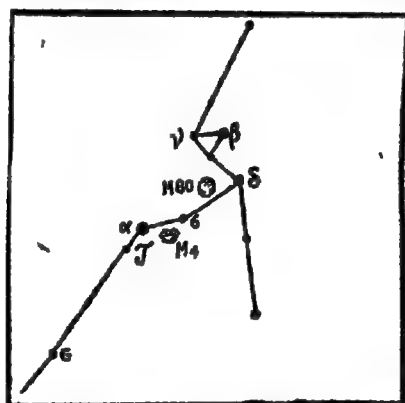
Almagest বর্ণিত বাসি। যদিও বাসিটির অংশবিশেষ Scorpio এবং Sagittarius-এর মধ্যে বর্তমান তবুও বাসিটিকে বাসিচক্রের



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
ζ —Ascella	0.1	140
δ —Kans	0.7	84
λ —Kans	1.1	71
γ —Alnasr	0.1	124
π —Albaldah	-0.7	250

(খ) SCORPIO (বৃশ্চিক)

বৃশ্চিকের অষ্টম বাণি। ইহার বৃহত্তম নক্ষত্র α -Antares সন্ধ্যা-বেলা দেখা যায়। ইহা উজ্জ্বল লাল বর্ণের একটি নক্ষত্র। ইহা বৃহৎ



নক্ষত্রদের একটি। ইহার ব্যাস আনুমানিক 350,000,000 মাইল। Altair-এর মত ইহার উত্তর পার্শ্বে অপেক্ষাকৃত অশ্পষ্ট নক্ষত্র আছে। ν -নক্ষত্রটি একটি ডবল নক্ষত্র। বৃশ্চিকের অন্তর্গত দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্র-পুঞ্জ M80 এবং M4 আছে। M80-এর পৃথিবী হইতে দূরত্ব আনুমানিক 65,000 আলো-বৎসর।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α —Antares	-5.1	520
ϵ —Wei	0.7	66
δ —Dschubba	-4.0	590

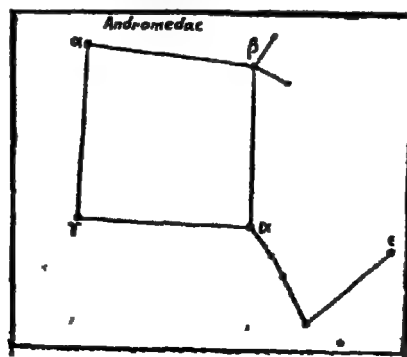
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব (আলো বৎসব)
β -Girrafas	—3 7	650
γ —	—4 0	750
σ —	—4 4	570
π —	—3 3	570
μ —	—3.0	520

১৭৭. শরৎকালীন নক্ষত্রসমূহ

এই সময় সন্ধ্যাকাশে যেমন বিচিত্র নক্ষত্রমণ্ডলে সজ্জিত নহে। তবুও গ্রীষ্মকালীন Cygnus এবং Aquila পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। এই সময় Antares অন্তর্মিত হইয়াছে। এই সময় Orion-কে দেখা যায় না কিং Taurus-কে দিগন্তের উপরে দেখা যায়। পূর্বদিকে Seven Sisters (Pleiades)-এর উজ্জ্বলতা চোখে পড়ে এবং Capella পুনরায় উজ্জ্বলভাবে দৃষ্টিগোচরে আসে। Cassiopeia এই সময় আকাশে মাথার উপরে। দক্ষিণদিকে Pegasus-এর চতুর্ভুজ চোখে এড়াতে পারে না। দক্ষিণাংশের অংশবিশেষ Cetus এবং Aquarius বাণীষের দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

(৩) PEGASUS (The flying horse)

Almagest বর্ণিত দুই বাণীষের তিনটি প্রধান নক্ষত্র (α , β এবং γ) এবং Alpheratz অথবা α -Andromedae মিলিয়া একটি চতুর্ভুজ হইবে



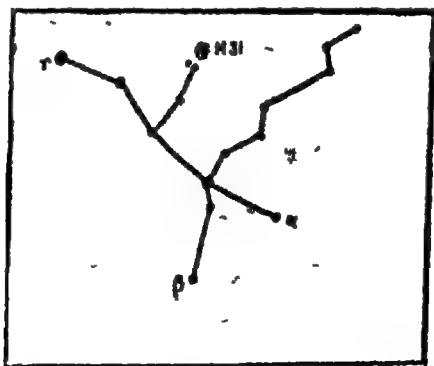
করিয়াছে। দক্ষিণদিকের আকাশে দিগন্তের বেশ উপরে এই চতুর্ভুজকে শরৎকালের সন্ধ্যায় চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। Cassiopeia-এর W-এর অন্তর্গত দুইটি নক্ষত্রের সংযোগকারী সরলরেখার সাহায্যে এই রাশির অবস্থান সহজে নির্ণয় করা যায়। এই রাশির বৈচিত্র্য হইল লাল রক্ত নক্ষত্র β -Scheat। 35 দিনে ইহার উজ্জ্বলতা $2\frac{1}{2}$ হইতে $2\frac{3}{4}$ এর মধ্যে পরিবর্তন হয়। এই নক্ষত্রের ব্যাস প্রায় 150,000,000 মাইল।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
α -Enif	-4.6	780 "
β -Scheat	-1.5	210 "
α -Markab	-0.1	109 "
γ -Algeub	-3.4	570 "
η -Mator	-2.2	360 "

(স) ANDROMEDA

Almagest-এ বর্ণিত রাশিটির প্রধান নক্ষত্র Alpheratz বা α -Andromedae-পূর্ববর্তী রাশি Pegasus-এর চতুর্ভুজের এক কোণে অবস্থিত। পূর্বে ইহাকে δ -Pegasi বলা হইত। চতুর্ভুজ হইতে Perseus



রাশি পর্যন্ত বিস্তৃত এই রাশিটির নক্ষত্রগুলি মোটামুটিভাবে উজ্জ্বল। γ -নক্ষত্রটি একটি সুন্দর double star. ইহার প্রধান নক্ষত্রটি হলুদ

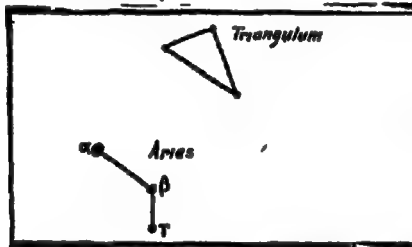
রংঘেব এবং সহচরটি নীল রংঘের। রাশিটির অন্তর্গত নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) M31 একটি বিরাট কুণ্ডলী। এই গ্যাসকুণ্ডলীটি দুববতী Galaxy-র অন্তর্গত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α -Alpheratz	-0.1	90
β -Mirach	0.2	76
γ -Almaak	-2.4	260

(হ) ARIES (মেঘ Ram).

বাশিচক্রের প্রথম বাশি হিসাবে এই বাশিটিকে গণ্য করা হয় যদিও Vernal Equinox. এক্ষণে পৃথিবীর precession-জনিত গতিব ফলে



নিকটবর্তী বাশি Pisces-এর মধ্যে অবস্থান করিতেছে। বাশিটি Almagest বর্ণিত একটি বাশি।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
α -Hamal	0.2	76
β -Sheratan	1.7	52

Andromeda-র নীচে Aries অবস্থিত। ইহাব অন্তর্গত γ -নক্ষত্রটি একটি double star।

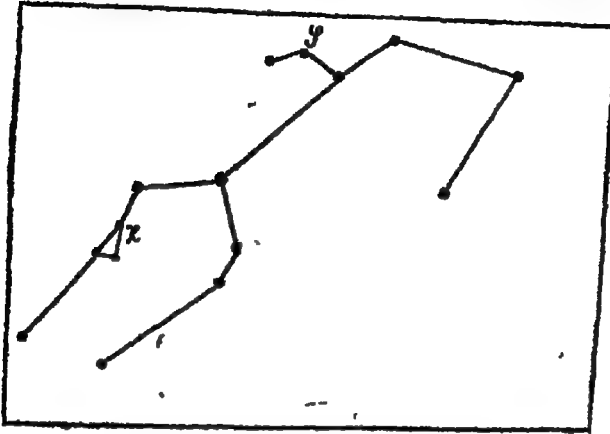
(ক) AQUARIUS

বাশিচক্রের একাদশ রাশি। বাশিটি অস্পষ্ট। ইহা বিস্তৃত স্থান দখল করিয়া আছে। নৈক্ষত্রটি একটি ডবল এবং প্রধান নক্ষত্র।

নক্ষত্র
 β -Sadalsuud

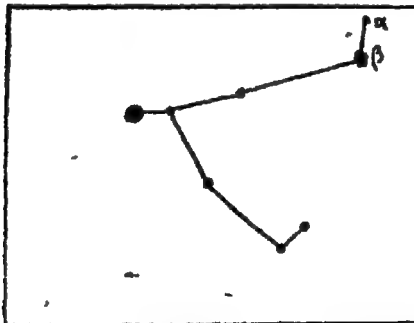
উজ্জ্বলতা
—4.6

দূরত্ব
780



(অ) CAPRICORNUS (Sea-goat)

ইহা রাশিচক্রের অন্তর্গত একটি অস্পষ্ট রাশি। এই রাশির অন্তর্গত কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র নাই এবং আকাশে উহাকে খুঁজিবা বাহির করা একটু কঠিন। মোটামুটিভাবে Altair এবং Fomalhant-এর মধ্যে অবস্থিত।



প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র
 δ -

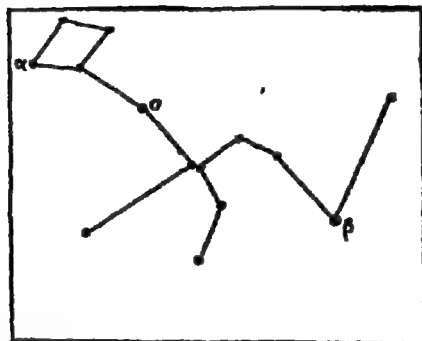
উজ্জ্বলতা
2.0

দূরত্ব (আঃ বঃ)
50 "

দুইটি নক্ষত্র α (Giedi) এবং β (Dabih) উভয়েই double star।

(অ) CETUS (The Whale)

ৰূপকথাৰ দৈত্যবিশেষ এই বাৰ্শিট Almagest-এ বৰ্ণিত আছে ।
অম্পট বাৰ্শিট বহুস্থান জুড়িবা ব্যাপ্ত আছে । ইহাৰ মাত্ৰাৰ α -নক্ষত্ৰটি
হাতা লাল বংগেব । অগৰ উজ্জল নক্ষত্ৰ β অনেক দূৰে অবস্থিত ।



প্ৰধান নক্ষত্ৰগুলি

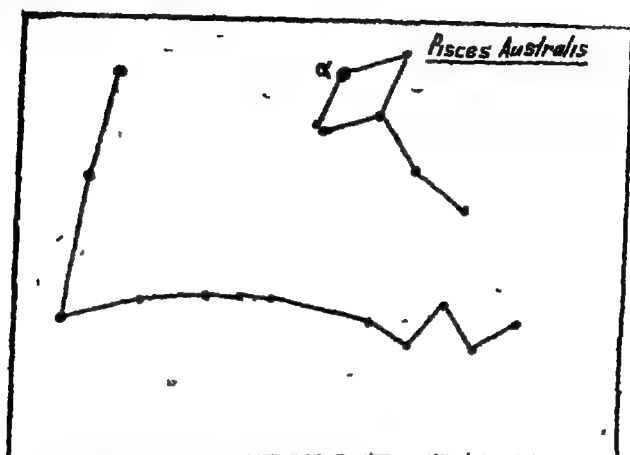
নক্ষত্ৰ	উজ্জলতা	দূৰত্ব (আঃ বাঃ)
α -Menkar	—0.5	130
β -Diphda	0.8	57
σ -Mira (σ -Ceti)	—0.5	103.

এই বাৰ্শিৰ অন্তৰ্গত বিখ্যাত পৰিবৰ্তনশীল নক্ষত্ৰ σ -Mira (σ -Ceti) কে
কোন কোন সময় খালি চোখেই দেখা যায় । এই নক্ষত্ৰটিৰ উজ্জলতা
331 দিনেৰ মধ্যে নিম্নতম অবস্থা হইতে উচ্চতম অবস্থায় আসে । ইহা
'একটি red giant' এবং ইহাৰ দূৰত্ব প্ৰায় 250 আলো বৎসৰ ।

(ই) PISCES (The Fishes)

ইহাও একট Almagest বৰ্ণিত বাৰ্শিচক্ৰেৰ অন্তৰ্গত বাৰ্শি । এক্ষণে
Vernal Equinox এই বাৰ্শিৰ মধ্যে আসিবাছে । বাৰ্শিটিৰ অম্পট
নক্ষত্ৰগুলি একট বক্ৰ লাইনে অবস্থিত ।

Pisces Australis রাশিটি Pisces রাশির নিকটবর্তী একটি রাশি।
ইহার বিখ্যাত নক্ষত্র α -Fomal haut 23 আলো বৎসর দূরে অবস্থিত।
উজ্জলতায় ইহা দ্বিতীয় শ্রেণীভুক্ত।



১৭-৮- দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহ

উত্তরাকাশের নক্ষত্রের মতই দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলিও খুব চমৎকার।
Magellan cloud এবং মত স্তর দৃশ্য উত্তরাকাশে দেখা যায় না।
ইহা ছাড়া α ও β -Centauri এবং সেই সঙ্গে Southern cross সম-
ভাগে দর্শনীয়। তবে দক্ষিণাকাশের এবং নক্ষত্র নাই।

যদি অষ্ট্রেলিয়াতে কোন স্থানে [যথা সিড্‌নী (Sydney)] বাজি
৭ টার সময় আকাশের দিকে তাকাই তাহা হইলে আমবা বৎসরের
বিভিন্ন সময়ে যে সমস্ত বৈচিত্র্য দেখিব তাহা আমবা এখানে আলোচনা
করিব।

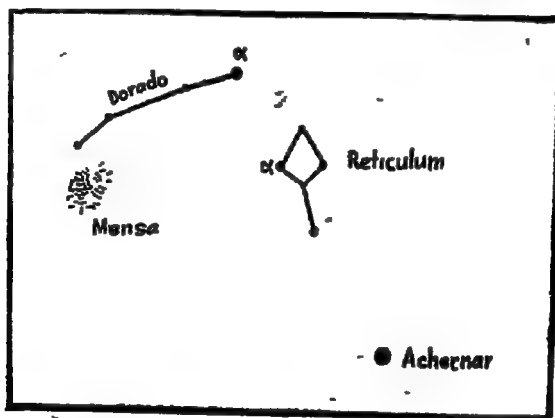
January- মাসের নক্ষত্রসমূহ

এই সময় Orion-কে আকাশে অনেক উচ্চতায় উত্তর-পূর্ব কোণে
দেখা যায়। অবশ্য সিড্‌নির আকাশে Rigel-কে Betelgeux অপেক্ষা
উপরে এবং Sirius-কে আরও উপরে দেখা যাইবে। হলুদ বৎসরের

বিরাট নক্ষত্র Canopus ঠিক মাথার উপর একটু পূর্বদিকে হেলানো অবস্থায় আছে। Capella-কে উত্তর দিগন্তের নিকটে দেখা যাইবে। Aldebaran এবং Seven Sisters (Pleiades) এই সময়ে দেখা যায়।

(জ) DORADO (The Swordfish)

1603 খ্রিস্টাব্দে Bayer দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলির একটি ক্যাটালগ প্রস্তুত করেন। Dorado বাশিট Bayer কর্তৃক ক্যাটালগকৃত। এই



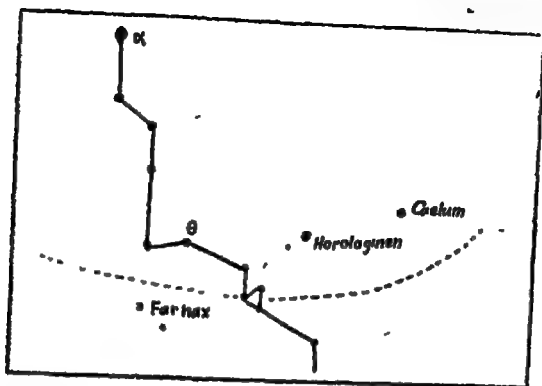
বাশিতে মাত্র দুইটি উজ্জল নক্ষত্র আছে। বাশিট Eridanus-এব Achernar নক্ষত্রের অনতিদূরে অবস্থিত। এই বাশিট Magellanic cloud পর্যন্ত বিস্তৃত।

(খ) ERIDANUS (The River)

Eridanus একটি লম্বা বাশি। ইহার অংশবিশেষ আমবা উত্তরা-কাশে দেখাতি পাই। β -Kursa নক্ষত্রটি Rigel-এব নিকট অবস্থিত। α এবং θ নক্ষত্র দুইটি ইউরোপের কোন-স্থান হইতে দেখা যায় না।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
α -Achernar	—2.3	118
θ -Acamar	—1.7	65

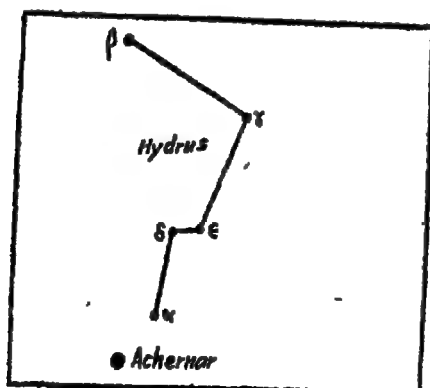


অষ্ট্রেলিয়ার দক্ষিণাংশে Achernar কখনও অস্ত যায় না। θ -Acamar নক্ষত্রটি একটি জুপার “বিনাবী” (binary)।

Horologium নামক বাশিটি Eridanus-এর চিত্রে প্রদত্ত হইল।

(ই) HYDRUS

Bayer বর্ণিত একটি রাশি। উত্তরাকাশের Hydra নামের সহিত ভুল হইবার আশংক্য জ্যোতিষবিদেবা Hydra-কে Hya এবং Hydrus-কে Hyi নামে অভিহিত করিয়াছেন।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

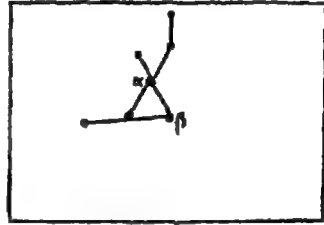
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	29	31
β	37	21

Hydrus দক্ষিণ অষ্ট্রেলিয়ার একটি অন্তর্হীন নক্ষত্র। বাণিটি Acher-nar এবং দক্ষিণ ঋষ নক্ষত্রের মধ্যবর্তী অঞ্চল জুড়িয়া বিস্তৃত।

(ঈ) MUSCA AUSTRALIS

প্রধান নক্ষত্রগুলি

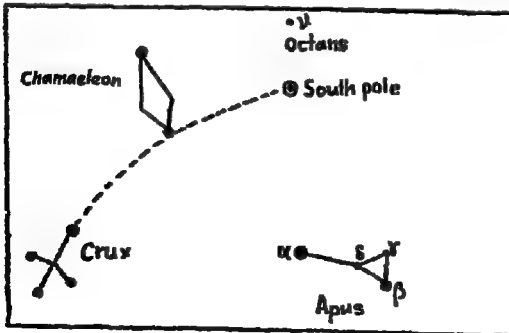
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	-2.9	430
β	-2.1	470



α -নক্ষত্রটি পবিত্রবর্তনশীল এবং β -নক্ষত্রটি একটি ডবল।

(উ) OCTANS

এই বাণিব অন্তর্গত দক্ষিণ আকাশের ঋষতাবা অত্যন্ত অস্পষ্ট পঞ্চম পর্যায়ের নক্ষত্র। দক্ষিণ আকাশের জুগেব বৃহত্তর বাহব সাহায্যে ঋষতাবাব সন্ধান পাওয়া যায় (চিত্র দেখুন)। এই বাণিটি Lacaille কর্তৃক বণিত কতকগুলি বাণিব অন্তর্ভুক্ত। এই বাণিগুলি যথাক্রমে Crux, Apus, Chamaeleon, Reticulum নামে অভিহিত।



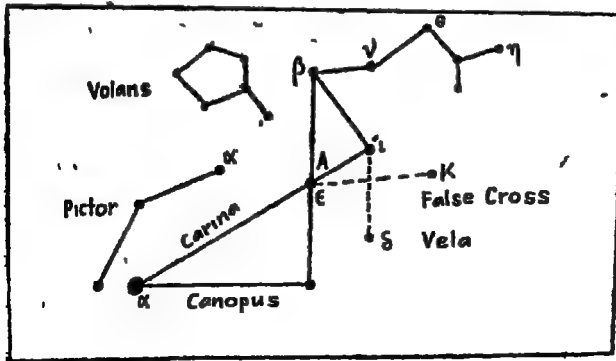
April মাসের নক্ষত্রসমূহ

April মাসের সন্ধ্যাবেলায় দক্ষিণাকাশে তাকাইলে দেখা যাইবে যে Orion পশ্চিমাকাশে অন্তগামী হইয়াছে, কিন্তু Sirius এখনও আকাশে সগর্বে রাজত্ব করিতেছে। Castor এবং Pollux উত্তর-পশ্চিমা-কাশে Leo বাশির Regulus-এর দক্ষিণ পাশে দেখা যাইবে। এই সময়ে Spica-কে পূর্বাকাশে এবং Arcturus-কে ঠিক দিগন্তের উপরে উঠিতে দেখা যাইবে। ভালভাবে লক্ষ্য করিলে Ursa Major-এর কয়েকটি নক্ষত্রকে উত্তরাকাশে দিগন্তের কাছাকাছি দেখা যাইবে কিন্তু ইহার চতুর্ভুজাকৃতি অংশকে আর দেখা সম্ভব নহে।

Ceataurus এবং দক্ষিণ জুশকে পূর্বাকাশের জেনিথের একটু পূর্বদিকে দেখা যাইবে। এই সময় বিখ্যাত রাশি Argo Navis-কে সর্বাপেক্ষা উজ্জলভাবে দেখা যাইবে। সেই সঙ্গে উত্তরাকাশের Hydra রাশিকে Cancer হইতে Libra পর্যন্ত অস্পষ্টভাবে দেখা যাইবে।

(উ) ARGO-NAVIS

Ptolemy কর্তৃক বণিত এই বাশিটির প্রধান অংশ দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত বলিয়া উত্তরাকাশের উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা সম্ভব নহে। এইজন্য এই রাশিকে দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহের ক্যাটালগভুক্ত করা হইয়াছে। এই রাশিটি বহু বর্জিয়া ইহাকে কয়েকটি অংশে বিভক্ত

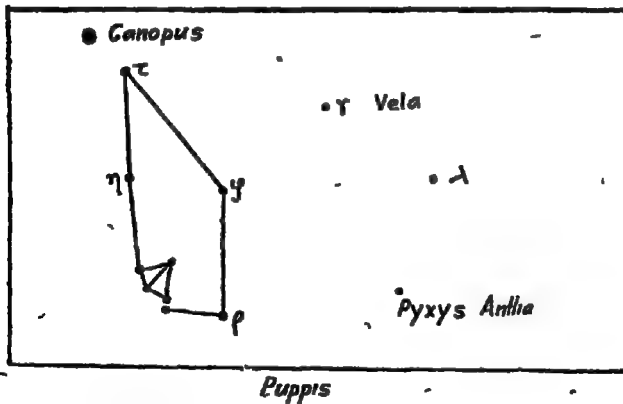


Carina

কৰা হইয়াছে, যথা : Carina, Puppis এবং Vela. বিখ্যাত নক্ষত্ৰ Canopus (দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম নক্ষত্ৰ) Carina ন্নাশিৰ অন্তৰ্গত ।

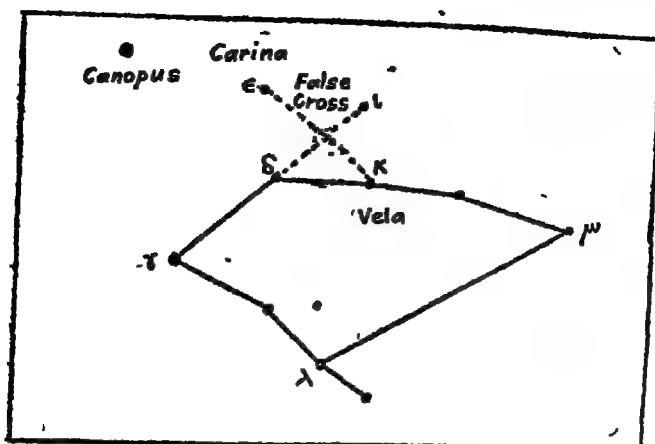
অধীন নক্ষত্ৰগুলি

নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
<u>Carina</u>		
α -Canopus	-7.6	650
β -Miaplacidus	-0.4	86
ϵ -Avior	-3.1	340
ι -Tureis	-4.6	750
θ -	-4.0	710
σ -	-2.1	340



Puppis

ζ -Suhail Harder	-7.1	2400
ϵ -Tureis	-0.3	105
π -	-0.3	140
τ -	-0.1	124



Vela

γ	—4.1	520
δ-Koo-She	0.2	76
λ-Al-Suhail	—4.6	750
Al wazu		
k-Markeb	—3.4	470
μ.....	—0.1	108

Carina বাণিকে বিখ্যাত নক্ষত্র Canopus-এর সাহায্যে সহজে চেনা যায়। Canopus আকাশের দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম নক্ষত্র। ইহা হলদে রংয়ের এবং অত্যন্ত আলোময়। বৈজ্ঞানিকেরা অনুমান করেন যে এই নক্ষত্র অন্ততঃ ৪০,০০০ সূর্যের সমান তেজোময়। Carina-র অন্তর্গত Tureis এবং Avior; Vela-র অন্তর্গত Koo-She এবং Markeb এই চারিটি নক্ষত্র মিলিয়া False Cross নামক বাণিট সৃষ্টি করিয়াছে। Carina-র অন্তর্গত পরিবর্তনশীল ৭-নক্ষত্র কোন এক সময়ে Canopus অপেক্ষা উজ্জ্বলতর ছিল। ১৮৪০ খ্রীষ্টাব্দের দিকে ইহা আকাশের Sirius-এর পবই উজ্জ্বলতম নক্ষত্র ছিল। Nebula কতৃক আচ্ছাদিত হওয়ায় ইহা এখন অস্পষ্ট হইয়াছে।

July মাসের নক্ষত্রসমূহ

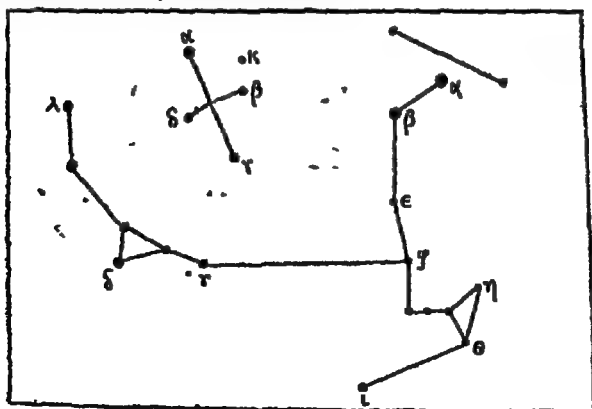
জুলাই মাসের আকাশে Scorpio বাশিটি আকাশে প্রকট হইয়া উঠে। দক্ষিণ অস্ট্রেলিয়ায় সন্ধ্যাবেলার আকাশে এই বাশিটিকে ছেনিথের নিকটে দেখা যায়। ইহাব পাশেই Sagittarius এবং Lupus-এর অংশবিশেষ দেখা যায়। ছেনিথের পশ্চিমদিকে Centaurus-এর দক্ষিণ অংশ দেখা যায়। উত্তরাকাশে Arcturus বীৰদর্পে শোভা পায় এবং Vega-কে উত্তর-পূর্বদিকের আকাশে দিগন্তের নিকটে দেখা যায়। এই সময় Canopus এবং Achernar-কে নিম্নস্থানে দেখা যায়। Spica উত্তর-পশ্চিমাকাশে উজ্জলভাবে শোভা পায় এবং Altair-কে পূর্বাকাশে উঠিতে দেখা যায়।

(এ) ARA (The Altar)

ইহা Ptolemy বণিত একটি বাশি। ইহাব দুইটি বিখ্যাত নক্ষত্র α এবং β Centauri-কে সহজেই আকাশে চেনা যায়।

(ঐ) CENTAURUS

ইহাও একটি আদি বাশি (Almagest বণিত বাশি)। বাশিগুলির মধ্যে Centaurus একটি বিচিত্র বাশি। উক্ত অক্ষাংশস্থিত উত্তরার্দ্ধগোলক স্থানসমূহে ইহাকে দেখা যায় না।



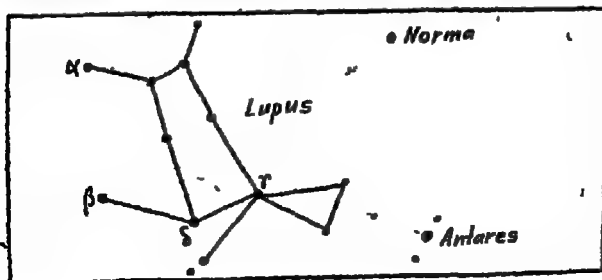
প্রধান নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	4.4—5.8	4.3
β -Agena	—5.2	490
γ -Menkent	—0.5	160
δ -	—3.9	570
η -	—3.0	390
ϵ -	—3.4	520
θ -	—2.7	370
υ -	1.1	71

α এবং β -নক্ষত্র দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্রের মধ্যে β -নক্ষত্রটি অনেক দূরে (প্রায় 500 আলো-বৎসর) দূরে অবস্থিত। α -নক্ষত্রের কোন নাম নাই কিন্তু উডোজাহাজের নেভিগেটরে বা ইহাকে Rigel Kent নামে অভিহিত করেন। β -নক্ষত্র Agena কিংবা Hadar নামে পরিচিত। এই নক্ষত্রটি একটি binary এবং ইহার সহচরবাব আবর্তনকাল প্রায় ৪০ বৎসর। γ -Menkent ও একটি “বিনারী” (binary) নক্ষত্র এবং ইহার সহচরবাব আবর্তনকালও ৪০ বৎসর। এই রাশির অন্তর্গত গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (globular)-কে খালি চোখেই দেখা যায়। এই নক্ষত্রপুঞ্জকে ω -Centauri বলে।

(৩) LUPUS (The Wolf)

Scorpio এবং Centaurus-এর মধ্যবর্তী একটি রাশি।

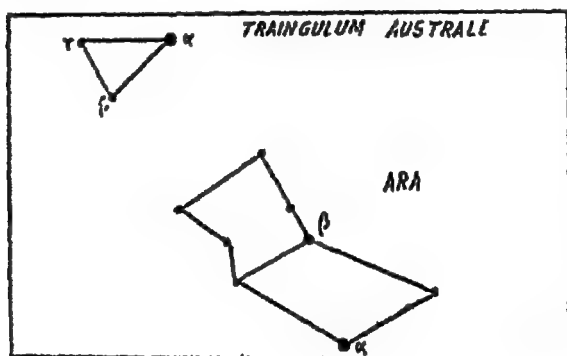


প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উৎকলতা	দূরত্ব
α	-৩.৩	৪৩০
β	-৩.৭	৫৪০
γ	-২.৭	৩৭০

(৬) TRIANGULUM AUSTRALE

১৬০৩ খ্রিষ্টাব্দে Bayer এই নক্ষত্রটিকে ক্যাটাগলগড়র করেন। এই নক্ষত্র চিত্রটি নক্ষত্র চিত্র এবং উহাদ্বয়ের শীর্ষবিন্দু লইয়া কল্পিত ত্রিভুজে সহজেই আকাশে চিনিতে পারা যায়। ইহা α -Centauri-র অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

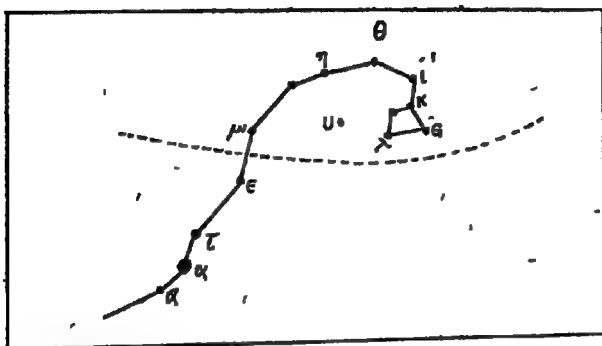


প্রধান নক্ষত্রগুলি—

নক্ষত্র	উৎকলতা	দূরত্ব
α	-০.১	৪২
β	২.৩	৪২
γ	০.২	১১৩

(ক) SCORPIO (বৃশ্চিক)

এই রাশিটির শেষাংশ উত্তর উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা যায় না।



প্রধান নক্ষত্রগুলি—

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Shaula	—3.3	310
β-Sargas	—4.6	650
γ-Girtab	—3.4	470
δ-Lesath	—3.4	540
ε	—7.1	3400

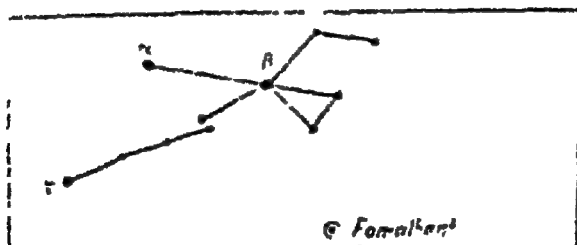
Shaula, Lesath, Girtab এবং G নক্ষত্রগুলি লইয়া চিত্র কল্পনা করিলে বৃশ্চিকেব Sting বা ছঁলেব মত মনে হইবে। সমস্ত এলাকাটি উজ্জ্বল নক্ষত্রবাণিতে পূর্ণ। উত্তর এবং দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত রাশিটিকে পূর্ণভাবে দেখিতে প্রকৃত বৃশ্চিকেব মত মনে হয়।

October মাসের নক্ষত্রসমূহ

অক্টোবর মাসে Crane, Peacock, Phoenix Toucan প্রভৃতি রাশিকে দেখা যায়। Pegasus-এব চতুর্ভুজ উত্তরাকাশে এবং Altair-কে পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Deneb উত্তর-পশ্চিমাকাশে এবং সেই সঙ্গে Vega-কে সূর্যাস্তের পূর্বে কিছুক্ষণের জন্য আকাশে দেখা যায়। এই সময় Canopus-কে দক্ষিণ-পূর্ব দিকে এবং জুশকে নীচের আকাশে দেখা যাইবে।

(୧) GRUS (The Crane)

୧୯୦୮ ଡିସେମ୍ବର Bayer ଏହି ନକ୍ସାଟି ବ୍ୟାପକକୃତ କଲେ । Grus ହାସିନି Formath ni ନକ୍ସାଟି ନିର୍ମାଣ କରିଥିଲେ । ଏହି ନକ୍ସାଟିର ଅନ୍ତର୍ଗତ Alauar ନାମକ ଗୋଟିଏ ଉପନାମ ।

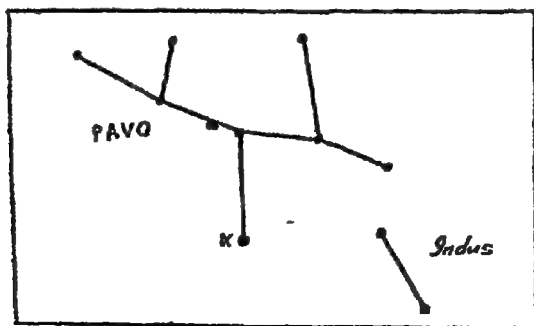


ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ନକ୍ସାଗୁଡ଼ିକ

ନାମ	ଫାର୍ମାଟ	ମୁଦ୍ରା
Gr-Alauar	0.3	61
Gr-Alauar	-2.5	280
"	-3.1	510

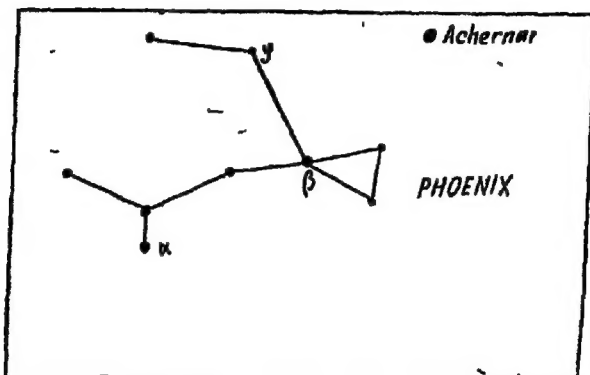
(୨) PAVO (The Peacock)

ଏହି ନକ୍ସାଟିରେ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଉପନାମ ଗୋଟିଏ ଉପନାମ ଉପରେ ଚିତ୍ରିତ କରାଯାଇଛି । ଏହା ନକ୍ସାଟିର ଅନ୍ତର୍ଗତ 1-Cepheid ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ନକ୍ସାଗୁଡ଼ିକ । ଏହା ୨ ମିନି 40 ଘଣ୍ଟାରେ ୨.5 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପନାମ ଉପନାମ ହେବ ।



PHOENIX এবং INDUS

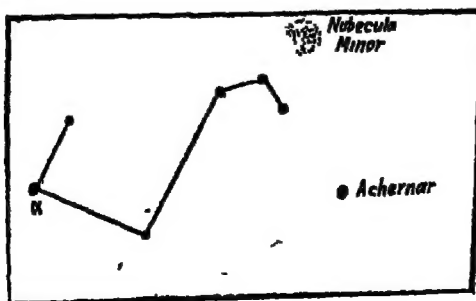
Indus রাশিটি Pavo রাশির α -Pavonis নক্ষত্রের নিকটে অবস্থিত।
Pavo রাশির চিত্রের সহিত ইহা সম্মিলিত হইল।



Phoenix রাশি Achernar এর নিকটে অবস্থিত। ইহাৰ প্রধান
নক্ষত্র α -Aukaa প্রায় ৯৩ আলো-বৎসর দূৰে (উজ্জ্বলতা ০.১) অবস্থিত।
 β -নক্ষত্রটি একটি binary?

TUCANA (The Toucan)

উপরি্লিখিত রাশিগুলির মধ্যে এই রাশিটি অপেক্ষাকৃত অল্পট।
কিছু রাশিটির অন্তর্গত Nebula-টি টেলিস্কোপে দেখিবার উপযুক্ত।
রাশিটির প্রধান নক্ষত্র α (উজ্জ্বলতা ১.৫) প্রায় ৬২ আলো-বৎসর
দূৰে অবস্থিত।



আমবা এ পৰ্যন্ত উক্তৰ এবং দক্ষিণাকাশেৰ নক্ষত্ৰাবলীৰ একটি সাধাৰণ বৰ্ণনা সন্নিবেশ কৰিলাম। ইহা হাবা অন্ততঃ এইটুকু প্ৰমাণ হব যে আকাশেৰ বিভিন্ন দৰ্শনীয় জ্যোতিষ্কগুলি বৈচিত্ৰ্যপূৰ্ণ।

১৭.৯ গ্ৰহগুলিকে চিনিবাব উপায়

গ্ৰহগুলিকে “ভ্ৰমণকাৰী নক্ষত্ৰ” (Wandering stars) বলা হইত। ইহাবা সৌৰজগতেৰ অংশ এবং সূৰ্য হইতে বিভিন্ন দূৰত্বে অবস্থান কৰিবা সূৰ্যকে ঘিৰিবা আবৰ্তন কৰিতেছে। সূৰ্যেৰ নিকটতম গ্ৰহ Mercury (আবৰ্তনকাল ৪৪ দিন বা আৰ্ছিক গতিৰ সময় ৪৪ দিন) হইতে আৰম্ভ কৰিবা Venus, পৃথিৱী, মঙ্গল, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto এই নবটি গ্ৰহ সূৰ্যকে একটি ফোকাশে বাখিবা উপবৃত্তাকাৰে সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে বিভিন্ন সমতলে আবৰ্তন কৰিতেছে। নিম্নে গ্ৰহগুলি সহজে কথেকটি জ্ঞাতব্য বিষয় সন্নিবেশ কৰিলাম।

গ্ৰহ	সূৰ্য হইতে দূৰত্ব	মাইলসাইডেৰি	সাইনডিক	মাহিক গতি	বায়
(মিলিয়ন মাইল)	পিয়ুড	পিয়ুড			(মাইল)
Mercury (বুধ)	36	৪৪ দিন	115 দিন	৪৪ দিন	3100
Venus (শুক্ৰ)	67	224.7 „	584 „	—	7700
পৃথিৱী	93	365 „	—	23 ঘ 56 মি	7926
Mars (মঙ্গল)	141	5 687 „	780 „	24 ঘ 37 মি	4200
Jupiter					
(বৃহস্পতি)	483	11½ বৎসৰ	399 „	9¾ ঘ.	88,700
Saturn (শনি)	886	29½ বৎসৰ	378 „	10½ ঘ.	75,100
Uranus	1,783	84 বৎসৰ	370 দিন	10¾ ঘ	29,600
Neptune	2,793	164¾ বৎসৰ	367½ দিন	15¾ ঘ	27,700
Pluto	3,666	247¾ বৎসৰ	366 ¾ দিন	6 দিন, 9 ঘ	3,600

Mercury (বুধ) এবং Venus (শুক্ৰ) পৃথিৱী অপেক্ষা সূৰ্যেৰ নিকটবৰ্তী থাকায় আমবা এই গ্ৰহ দুইটিৰ কতকগুলি বৈচিত্ৰ্য লক্ষ্য কৰি। এই গ্ৰহ দুইটিৰ চন্দ্ৰেৰ মত কলাৱদ্ধি হব। পূৰ্ণিমাৰ সময় আমবা ইহা-দিগকে দেখিতে পাই না কাৰণ গ্ৰহ দুইটি ঐ সময় দিনেৰ বেলাৰ আকাশে দিগন্তেৰ উপৰে থাকে।

বুধ গ্রহ (Mercury) আকাশে সর্বদা সূর্যের অতি নিকটে অবস্থান কবে বলিবা আমরা অনেক সময় ইহাকে দেখিতে পাই না। কখনও কখনও পশ্চিমাকাশে সূর্যাস্তের পর পবই অথবা সূর্যোদয়ের সামান্য কিছুক্ষণ পূর্বে আমরা এই গ্রহকে দেখিতে পাইব। এই সময় ইহাকে বেশ উজ্জল দেখায।

শুক্র (Venus) Mercury অপেক্ষা অনেক বড় এবং চন্দ্রের পবই ইহা পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। সময়ে সময়ে ইহা পৃথিবীর 25,000,000 মাইলের মধ্যে আসিতে পাবে। উজ্জলতম অবস্থায় আমরা শুক্র গ্রহকে দিবাভাগে দেখিতে পাই। যখন এই গ্রহের Crescent অবস্থা তখন ইহাকে সবচেয়ে উজ্জল বলিবা মনে হয়। পূর্বদিকে উঠিলে ইহাকে ‘ভোবের তারা’ এবং পশ্চিম দিকে উঠিলে ইহাকে ‘সন্ধ্যাতারা’ বলে। 1970 খ্রিস্টাব্দের সেপ্টেম্বর মাসের প্রথম তারিখে ইহা আকাশে সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক দূরত্বে (elongation) অবস্থান করিবে। এই সময় ইহাকে আমরা উজ্জলতম অবস্থায় সন্ধ্যাকাশে দেখিতে পাইব।

মঙ্গলগ্রহ (Mars) পৃথিবীর তুলনায় সূর্য্যাপেক্ষা দূরে অবস্থিত। এই গ্রহের ‘কলারঙ্গি’ (Phases) আমরা দেখিতে পাই না। যখন ইহা সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান কবে তখন ইহাকে মধ্যাহ্নিক্রে ঠিক মাথার উপরে (জেনিথের দক্ষিণে) দেখিতে পাইব। এই সময় গ্রহটিকে লক্ষ্য করিবার উপযুক্ত সময়। এই সময়ের এক বৎসর পর পৃথিবী সূর্যের চতুর্দিকে একবার আবর্তন করিবে কিন্তু ‘মঙ্গল’-এর ধীর গতির জন্য পৃথিবী আরও অগ্রসর হইবার পব ‘মঙ্গল’ সূর্যের বিপরীত স্থানে (opposition) আবার আসিবে। গড়ে 780 দিন পব পব গ্রহটি বিপরীত স্থানে (opposition)-এ আসে। ইহাকে অবশ্য Synodic period (পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে) বলে। 1967 সালের 15 এপ্রিল, 1969 সালের 31 মে, 1971 সালের 10 আগস্ট তারিখে এই বিপরীত অবস্থান হইয়াছে এবং হইবে। গ্রহটি কখনই 35,000,000 মাইল অপেক্ষা নিকটে আসে না। বিপরীত অবস্থানে আসিবার কয়েক সপ্তাহ পূর্বে এবং পরে ইহাকে উজ্জল দেখায। এই সময় ইহাও উজ্জল এবং লোহিতবর্ণ সহজেই দৃষ্ট আকর্ষণ কবে। ইহাকে আকাশে খুঁজিয়া

বাহিৰ কবিৰাব সবচেয়ে সহজ উপায় হইল যে-কোন নিদিষ্ট সময়ে গ্ৰহটি কোন বাৰ্শিতে অবস্থান কৰিতেছে তাহা জানা। তাৰপৰ ইহাৰ দৈনিক অবস্থান আকাশেৰ পটভূমিতে লক্ষ্য কৰিলে দেখা বাইবে যে গ্ৰহটি সৰ্বদা বাৰ্শিচক্ৰেৰ (Zodiac) মধ্য অবস্থান কৰে। ইহাৰ লোহিত বৰ্ণেৰ জন্তু অন্ত নক্ষত্ৰেৰ সহিত ইহাকে ভ্ৰম হইতে পাবে। এইজন্তু পৰ পৰ কয়েক বাৰ্শি ইহাৰ অবস্থান লক্ষ্য কৰা উচিত।

Jupiter (বৃহস্পতি) বহুদূৰে অবস্থান কৰিলেও ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হইবে না। হলুদ বৰ্ণেৰ গ্ৰহটি শুক্ত গ্ৰহেৰ মতই উজ্জ্বল। সূৰ্যেৰ বিপৰীত দিকে প্ৰতি 13 মাস পৰ পৰ গ্ৰহটি ফিৰিষা আসে। প্ৰত্যেক বৎসৰ কয়েক মাস ধাবৎ এই গ্ৰহটিকে উজ্জ্বল দেখা যায়।

Saturn (শনি) গ্ৰহটিকে আকাশে সহজে চিনিতে পাবা যায় না। ইহাৰ বং ধূসৰ হলুদ। ইহা কখনই Capella বা Arcturus অপেক্ষা উজ্জ্বল নহে। Jupiter-এৰ চেৰে ইহাৰ গতি ধীৰ। 1970 সালে 11 নভেম্বৰ তাৰিখে Aries বাৰ্শিতে ইহা বিপৰীত স্থানে অবস্থান কৰিবে। এই সময় গ্ৰহটিৰ কাছাকাছি কোন উজ্জ্বল নক্ষত্ৰ দেখা বাইবে না। 1781 খ্ৰীষ্টাব্দেৰ পূৰ্ব পৰ্যন্ত বৈজ্ঞানিকদেৰ ধাৰণা ছিল যে এই গ্ৰহটিই সৰ্বাপেক্ষা দূৰৱৰ্তী গ্ৰহ। কিন্তু এই সময় Sir William Herschel নামক ইংবেজ জ্যোতিৰ্বিদ অপেক্ষাকৃত দূৰৱৰ্তী গ্ৰহ Uranus আৱিষ্কাৰ কৰেন। যদিও Uranus আকাৰে বৃহৎ, তথাপি অত্যধিক দূৰে থাকায় (সৌৰজগতেৰ সীমাব. মধ্য) ইহাকে খালি চোখে দেখা দুঃসাধ্য। টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে ইহাকে হাল্কা সবুজ বৰ্ণেৰ একটো ছোট খালি (disc) মত দেখায।

ইহাৰ পৰ বৰ্ষাক্ৰমে 1846 এবং 1930 খ্ৰীষ্টাব্দে Neptune এবং Pluto নামক আৰও দুইটি গ্ৰহ আৱিষ্কৃত হইবাছে। টেলিস্কোপেৰ সাহায্য ব্যতিৰেকে ইহাদিগকে দেখা সম্ভৱ নহে।

যে পৰ্যবেক্ষকেৰ বাৰ্শিগুলি সম্বন্ধে মোটামুটি ধাৰণা আছে তাহাৰ পক্ষে Mars, Jupiter এবং Saturn গ্ৰহকে আকাশে খুঁজিষা বাহিৰ কৰা মোটেই কষ্টসাধ্য নহে। অন্যান্য গ্ৰহগুলিৰ (Venus, Mercury ছাড়া) আকাশে অবস্থান নিৰ্ণয় কৰিতে টেলিস্কোপেৰ প্ৰয়োজন।